



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위 논문

과워모니터링 시스템의 효율적  
운용방안에 관한 연구

2016년 2월

부경대학교 산업대학원

제어계측공학과

박기홍



공학석사 학위 논문

파워모니터링 시스템의 효율적  
운용방안에 관한 연구

지도교수 김 만 고

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出 함

2016 년 2 월

부경대학교 산업대학원

제어계측공학과

박기홍

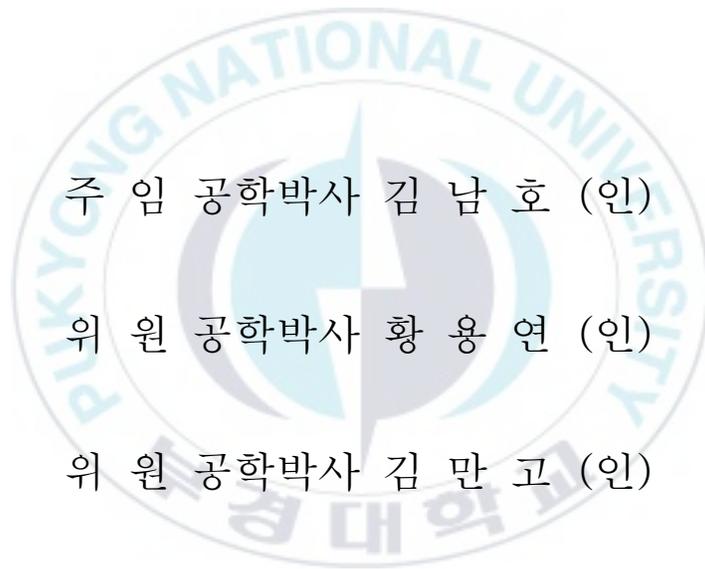
이 논문을 박기홍의 공학석사 학위논문으로 인준함

2016년 2월 21일

주 임 공학박사 김 남 호 (인)

위 원 공학박사 황 용 연 (인)

위 원 공학박사 김 만 고 (인)



# 목 차

Abstract .....	1
<b>제 1 장 서론</b>	
1.1 연구 배경 .....	3
1.2 연구 목적 .....	5
<b>제 2 장 파워 모니터링의 최신 트렌드</b>	
2.1 인더스트리 4.0의 배경 .....	7
2.2 에너지 세이빙을 위한 정책 .....	9
2.2.1 ISO 50001 정의 .....	9
2.2.2 에너지경영시스템 (EnMS) .....	11
2.3 에너지 경영 시스템의 글로벌 트렌드 .....	13
<b>제 3 장 파워 모니터링의 운용 방안</b>	
3.1 파워모니터링 측정에 의한 소득 분석.....	15
3.2 시스템 구축에 따른 소득 분석 .....	17

## 제 4 장 파워 모니터링의 적용 방안

4.1 파워모니터링 구현 시스템 .....	20
4.1.1 모니터링 기본 시스템 구현 .....	20
4.1.2 모니터링 응용 시스템 구현 .....	28

## 제 5 장 파워 모니터링 성능 실험

5.1 시스템 구성 .....	31
5.2 시스템 셋업 .....	41
5.3 시뮬레이션 .....	50

제 6 장 결론 .....	54
----------------	----

참고문헌 .....	55
------------	----

감사의 글 .....	56
-------------	----

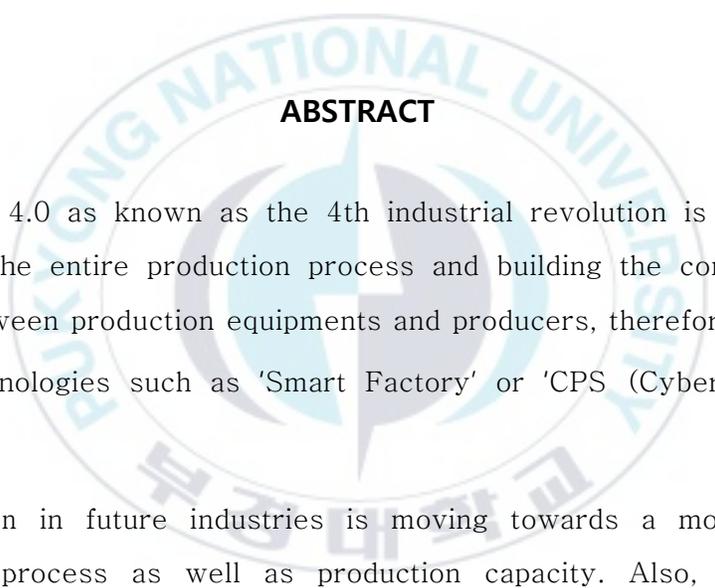
# **A Study on Efficient other Operation Method of**

## **Power Monitoring System**

**Ki-Hong Park**

**Pukyong National University**

### **ABSTRACT**

Industry 4.0 as known as the 4th industrial revolution is a basis for optimizing the entire production process and building the communication system between production equipments and producers, therefore this made many terminologies such as 'Smart Factory' or 'CPS (Cyber-Physical-System)'.

Automation in future industries is moving towards a more efficient production process as well as production capacity. Also, because of environmental pollution from highly industrialized world, it is very critical issue in the near future to overcome those problems and make improvements for CO<sub>2</sub> reduction.

Future trends for system automation are 'Energy savings', 'Safety' and 'Management of information data'.

The trend that the whole world gives attention is 'Energy savings', which is reflected in legal regulation changes in many countries.

Globally, many countries make regulations for energy savings, and do their best for energy management.

The most important part for energy savings is 'measurement', and managing these measured data would be the basis for energy savings.

Generally, 'Power Monitor' is widely used for energy measurement equipments, and many consumers use power monitor for the purpose of energy savings.

In this thesis, the power monitor is utilized as a protection equipment as well as energy saving.

Experiment is also described.



# 제 1 장 서론

## 1.1 연구 배경

4 번째 산업혁명이라 일컫는 인더스트리 4.0(Industry 4.0) 은 생산기기와 생산자간의 소통체계를 구축하고 생산과정 전체를 최적화하기 위한 기반으로 "스마트 팩토리(Smart Factory)", "사이버물리 시스템(CPS-Cyber Physical Systems)" 등 수많은 수식어를 만들었다.

여기서 스마트 팩토리의 주된 목적은 공정생산에 경쟁력인 원가절감 및 품질향상을 위해 공장운영의 최적화 하는데 이의를 두고 있다.

스마트 팩토리는 제품의 기획, 설계, 제조, 공정, 판매 등 전 과정을 IT(information technology)로 통합, 최소비용과 최소시간으로 고품질 제품을 생산하는 공정이다.

이러한 스마트 팩토리 흐름에 따라, 파워 모니터링(Power Monitoring)을 이용하여 에너지 세이빙(Energy-saving) 및 공정생산의 최적화 시스템을 구성하고자 한다.

원자재 값 상승, 인건비 상승으로, 각 산업현장에서는 에너지에 대한 중요성이 커지고 있다.

또한 에너지관리를 통해 온실가스 배출량, 에너지 비용 및 그 밖의 관련된 환경영향을 저감시키고, 이를 지역적, 문화적, 사회적 조건에 무관하게 모든 종류 및 규모를 조직화 하기 위해 ISO 50001(Energy management system - Requirement with guidance for use) 이라는 표준을 만들어 한국 산업표준으로 제정 하고 있다.

이와 같이 산업현장뿐만 아니라 국가 차원에서도 에너지 및 생산환경의 개선은 큰 관심거리로 판단되고 있다.

현 사회에서의 최대 관심거리는 최적화에 맞춰 진다.

보다 뛰어난 생산능력, 생산자의 안전, 생산에 관련된 원가절감 등이 최적화라는 단어에 가장 어울리는 단어이다.

이 논문에서는 최적화를 이루기 위한 산업현장 및 국가에 대한 노력을 관찰하고 최적화에 적용하는 기술을 좀더 구체적으로 활용하는 목적에 두고 있다.



## 1.2 연구 목적

산업현장 최적화에 있어, 그리고 글로벌 트렌드에 있어 에너지 세이빙은 매우 큰 과제를 인식된다.

에너지 세이빙은 측정하지 않으면 절약할 수 없다.

산업현장에서 에너지 세이빙 구현을 위해 필요한 장비를 파워 모니터라 한다.

파워 모니터 사용에 의한 파워 모니터링으로 소비전력을 계산하고 에너지 세이빙의 분석이 가능하다.

파워 모니터의 특성은 전압(voltage V), 전류(current I), 전력(power kw, kw/h)등의 기본 값 측정에 기초를 두고 있으나, 유효전력(Active power), 무효전력(Reactive power), 피상전력(Apparent power), 역률(Power factor), 고조파(Harmonics) 등의 고효율 측정이 가능하며, 이러한 데이터는 1mA 의 최소 단위를 0.1 sec 의 속도로 업데이트 된다.

이 측정계기는 스마트 팩토리, 사물 인터넷에 발맞춰 모니터링뿐만 아니라 통신(RS-485 / Ethernet/IP) 기능 또한 가지고 있다.

통신기능은 다양한 솔루션에 적용이 가능하며, 현 산업현장의 생산현황, 에너지 효율, 장비의 유지 보수 등 많은 활용도를 가진다.

파워 모니터링을 이용한 장비컨트롤(Control)의 기본관점은 입력, 연산, 출력에 대한 3대 요소를 바탕으로 동작한다.

여기서 입력은 파워 모니터를 이용한 각종 입력 값을 정의하며, 연산자는 산업 현장에서 가장 널리 사용되는 PLC(programmable logic controller)로 가정한다.

출력장치는 모터동작을 하드웨어로 동작하는 전자 접촉기(Magnetic Contactor)로 정의한다.

연산자에 해당되는 PLC 는 산업현장에서 가장 폭넓게 사용되는 제어기기이며, 많은 통신방식을 지원하는 장치이다.

파워 모니터의 입력수치를 PLC 로 전달하는 과정은 매우 중요하며, 입력에 대한 오차 및 속도에 따라 에너지 모니터링 측정 및 제어의 큰 차이를 가진다.

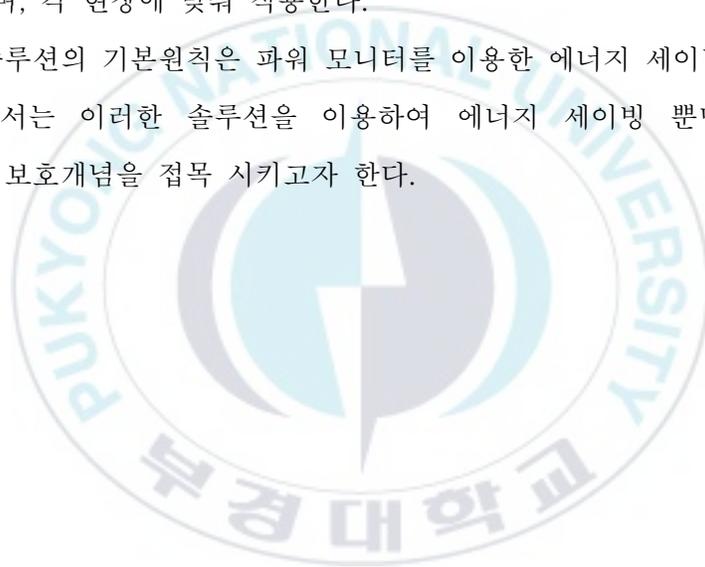
그리하여, 파워 모니터의 통신방식은 매우 중요하다.

파워 모니터는 대부분 RS-485 통신을 기본으로 지원하며, 이 통신정보는 시리얼 이더넷 컨버터(Serial to Ethernet Converter)를 이용하여, PLC 또는 PC 로 정보를 전송 한다.

또한 이더넷(Ethernet) 통신을 기본으로 장착되어 있는 제품도 있으며, 필드버스(Field Bus) 또한 내장된 제품 등으로 통신방식에 대한 활용도 또한 매우 다양하며, 각 현장에 맞춰 적용한다.

이 모든 솔루션의 기본원칙은 파워 모니터를 이용한 에너지 세이빙 정책이다.

이 논문에서는 이러한 솔루션을 이용하여 에너지 세이빙 뿐만 아닌 모터 보호를 위한 보호개념을 접목 시키고자 한다.



## 제 2 장 파워 모니터링의 최신 트렌드

### 2.1 인더스트리 4.0 의 배경

4 번째 산업혁명이라 일컫는 인더스트리 4.0(Industry 4.0) 의 개요는 아래와 같은 산업혁명에 의해 정의 된다.

첫 번째 기계생산 설비의 제작 → 1<sup>st</sup> industrial revolution 대표적인 예로 스팀엔진이 18 세기말 개발되어 최초의 자동화를 구현한다.

두 번째 노동력의 분산을 기반으로 한 대량생산 → 2<sup>nd</sup> industrial revolution  
20 세기말 조립라인의 구축, 간이수공업 형태의 자동화에서 노동력 분산 기반으로 대량 생산 체제에 돌입한다.

세 번째 전가기기와 PLC 를 사용한 장비 구현 → 3<sup>rd</sup> industrial revolution

70 년대 PLC 와 버스시스템을 이용하여 본격적인 공장자동화를 실현한다.

이와 같은 역사에 있어 인더스트리 4.0 이 표현하고자 하는 내용은 제품의 커스터마이징(Customizing), 가용성 개선, 자원보존, 안전성 증대, 다운타임(Down time) 최소화, 전체 공정개선이 중요한 과제이다.

인더스트리 4.0 의 구성은 지능적인 네트워크 구성, 자체제어 생산 시스템 CPS (Cyber Physical Systems) 이 구성되며, 이를 사이버 물리 시스템 이라고도 한다.

사이버 물리 시스템은 그림 2.1 과 같이 모든 공정이 통신으로 연결되고 자가 진단 및 실시간 대응이 목표로 구성된다.

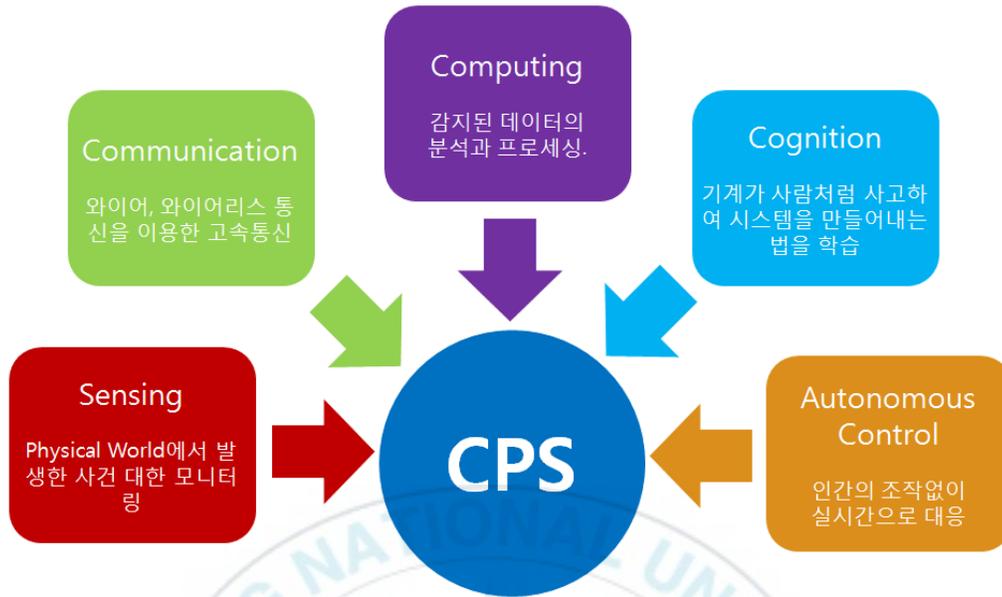


그림 2.1 사이버 물리 시스템 구성

인더스트리 4.0 은 산업시설뿐만 아니라 사물인터넷 이라는 수식어와 함께, 실생활에 이용 되기도 한다.

사물에 센서를 부착해 실시간 데이터를 인터넷으로 주고 받는 기술이나 환경을 의미하는 것으로 예를 들면 출근 전 교통사고 뉴스가 있으면, 스마트폰 알람이 30 분 더 일찍 울리고, 집안에 사람이 없으면 일제히 소등되는 시스템을 예로 들 수 있다.

이와 같이 인더스트리 4.0 은 먼 미래가 아닌 현실에 적용되고 있으며, 보다 편리한 생활을 누릴 수 있는 시스템이라 표현 할 수 있다.

## 2.2 에너지 세이빙을 위한 정책

### 2.2.1 ISO 50001 정의

ISO 50001의 표준 절차는 아래와 같이 정의 된다.

계획(Plan) 세부목표 및 실행계획 수립 이에 필요한 에너지 검토 수행한다.

실시(Do) 에너지경영시스템(EnMS-Energy management system)의 실행 및 운용에 필요한 사항 검토 교육훈련 및 의사소통, 문서화 및 관리, 운전관리, 설계 및 구매 이행한다.

점검(Check) 에너지 방침 및 목표에 대한 에너지성과를 결정하는 프로세스와 그 운용의 주요 특성들에 대한 모니터링, 법규 및 그 밖의 요구사항에 대한 평가, 내부심사, 조치, 기록 관리한다.

조치(Act) 에너지성과 및 EnMS를 지속적으로 개선하기 위한 활동, 경영검토 결과를 EnMS에 반영한다.

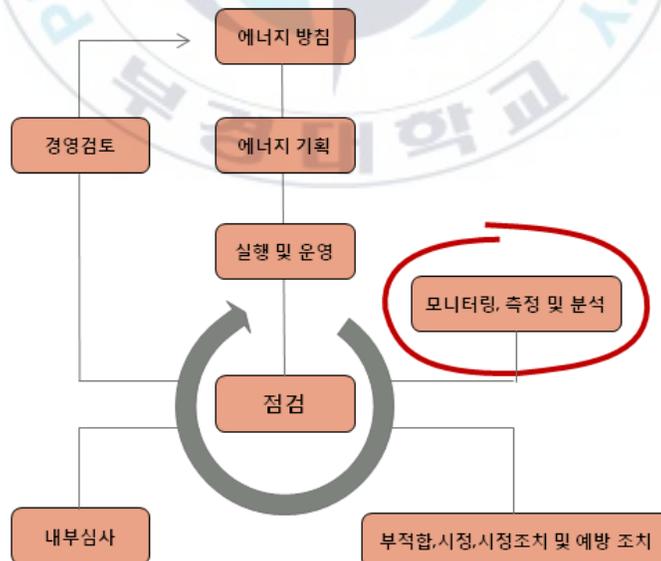


그림 2.2 ISO 50001의 검토 구성 차트

그림 2.2 ISO 50001 의 검토 구성 은 ISO 50001 에 대한 절차를 의미한 것으로 지속적인 모니터링 및 검토가 진행 되어야 진정한 에너지 세이빙을 실현할 수 있는 구성을 담고 있다.



## 2.2.2 에너지 경영 시스템 (EnMS)

에너지경영시스템(EnMS - Energy management system)의 구성은 에너지, 기후변화 대응 주요사업 조직이 원가절감을 위해 에너지 효율향상 활동을 통합적이고 체계적인 경영전략으로 구축하여 전사적, 지속적으로 추진할 수 있는 기술측면이 조화된 에너지관리 시스템을 의미한다.

에너지경영시스템을 통해 에너지 효율성을 높이고, 에너지비용 절감을 통해 경쟁력 우위를 확보하고, 에너지효율을 향상 개선하여 CO2 배출량 감소, 이러한 시스템의 활용으로 최적화에 대한 가능성을 확인하는데 의미를 둔다.

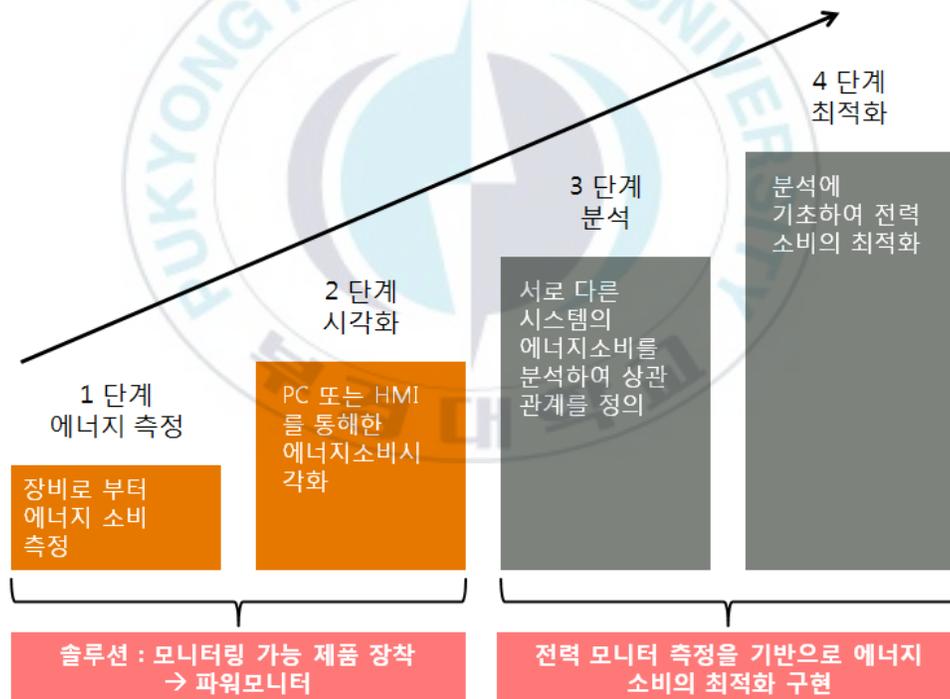


그림 2.3 EnMS 에너지 관리 절차

그림 2.3은 에너지경영 시스템을 4 단계로 정리 구현을 표현한다.

1 단계와 2 단계에 관련된 내용은 에너지 측정에 의한 시각화가 중점이며, 에너지 모니터링이 구현되지 못한 장비는 1 단계 및 2 단계에 의한 구현이 필요로 하다.

3 단계와 4 단계는 측정된 데이터에 의한 관리의 필요성을 언급하였고, 에너지 세이빙에 있어 데이터 관리는 필수이다.

본 차트와 같이 에너지 경영 시스템의 주된 요소는 측정 및 분석에 있다.



## 2.3 에너지 경영 시스템의 글로벌 트렌드

유럽연합(EU) 에너지 효율 지침 (2012년 12월 04일), 2020년까지 에너지 효율 20% 향상, 2014년부터 2020년까지 1.5% 에너지절약 캠페인 실시, EU 회원국은 의무적으로 구현해야 하며, 이러한 사업을 지원하며, 세금감면 조치를 실시하고 있다.

2015년 12월 05일 부터는 중견기업에 에너지 세이빙에 관한 법적 의무화 하고, DIN EN 16247-1 근거 매 4년 에너지 세이빙 감사 실시, 그에 따른 중소기업의 세금 혜택을 부여한다.

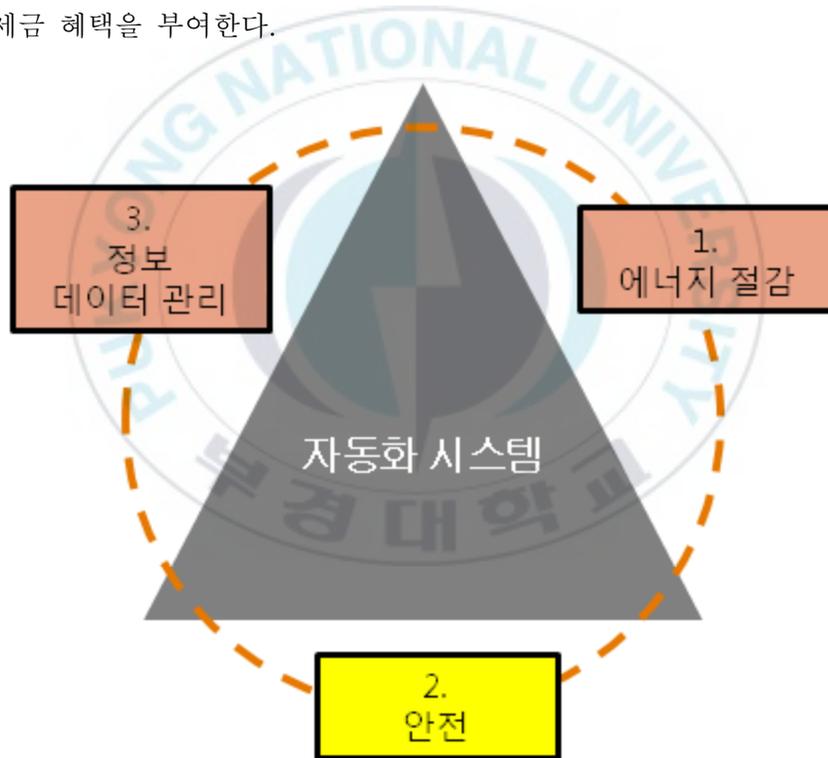


그림 2.4 자동화 글로벌 트렌드

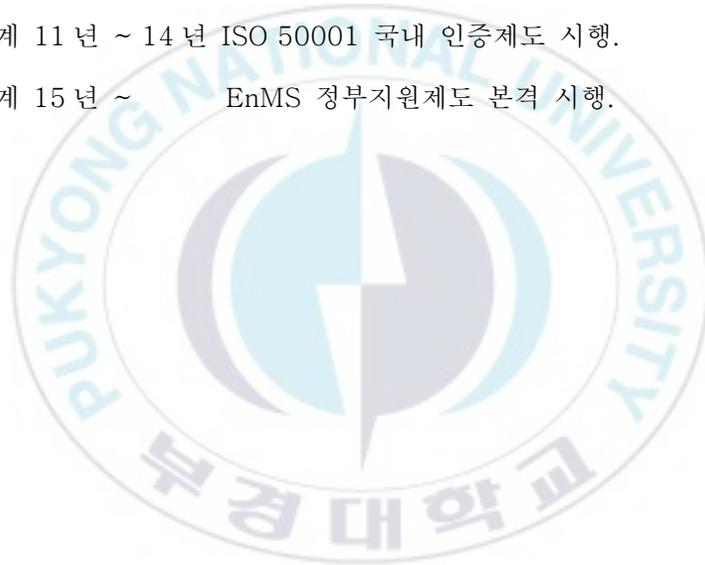
그림 2.4 는 에너지 경영 시스템의 트렌드가 아닌 산업 자동화의 글로벌 트렌드라 할 수 있다.

그림 2.4 와 같이 글로벌 트렌드의 1 원칙 및 3 원칙이 에너지 세이빙에 관련된 내용으로 미래 지향적 산업 자동화는 에너지 세이빙에 대한 의존도가 높다고 할 수 있다.

국내에서도 에너지경영시스템 인프라 구축 지원사업을 실행하고 있다.

국내의 에너지경영시스템 구성은 총 3 단계로 구성하여 실시하고 있으며, 2015 년 총 31 억의 예산을 지원하며, 중소기업의 경우 총 투자비의 80%, 중견기업의 경우 50% 이내 지원하며, 에너지 관리공단에서 주관한다.

- 1 단계 06 년 ~ 11 년 KS ISO 50001 표준 제정 국내 인증제도 기반 구축.
- 2 단계 11 년 ~ 14 년 ISO 50001 국내 인증제도 시행.
- 3 단계 15 년 ~ EnMS 정부지원제도 본격 시행.



## 제 3 장 파워 모니터링의 운용 방안

### 3.1 파워모니터링 측정에 의한 소득 분석

파워 모니터링 시스템은 산업현장의 장비 생산성과는 크게 연관이 없다.

즉 파워 모니터링 시스템은 생산 효율의 극대화 라는 개념보다는 추가적인 옵션(Option)으로 생각되는 경우가 많다.

하지만 요즘 대세인 산업현장의 원가 절감에는 파워 모니터링 시스템은 더 없이 좋은 솔루션(Solution)이다.

대중은 원가절감이라 하면, 시스템(System) 측면이 아닌 단위제품에 대한 절감을 이루려 한다.

원가절감에 있어 단위제품 절감은 시스템측면에 한계가 있으며, 원가절감에 대한 폭이 시스템 금액의 10%가 넘기 힘들다.

이에 원가절감에 대책으로 파워 모니터링 시스템은 미래 지향적이라 할 수 있다.

초기 투자비용이 발생하지만, 설치에 의한 유지 보수로서 설치 후 몇 년 빠르면 몇 개월 안에 투자비용의 회수가 가능하며, 지속적인 원가절감의 대책이 가능하다.

파워 모니터 측정에 의한 에너지 절감 대책의 대표적인 예는 피크부하 측정에 의한 전기세 절감이다.

피크부하는 동작하는 장비에 따라 동작방식에 따라 측정값이 상이하며, 피크 부하를 알면 적절한 대처로 전기세를 줄일 수 있다.

피크부하는 순간적인 부하로서 일반 측정장비로는 측정이 불가하며, 측정이 가능하다 해도 데이터화 하기 어렵다.

그림 3.1 은 피크부하를 감소시켜 연간 절약 가능성을 그림으로 표현 하였다.

과워 모니터에 의한 데이터관리에 의해 피크부하를 측정하면 표 3.2 과 같이 산업용 전력 전기요금을 참고하며, 효율적인 시간관리 생산관리에 의해 에너지 절감에 의한 소득 이익을 창출 할 수 있다.

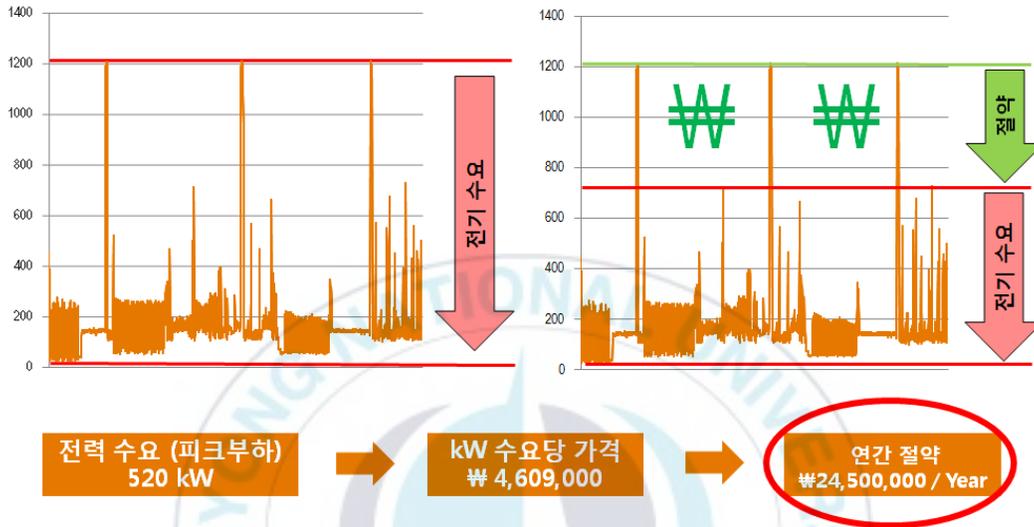


그림 3.1 피크부하에 에너지 절약

표 3.2 산업용 전력 전기 요금 표 (Kepco 제공)

구분	기본요금 (원/kWh)	전력량요금(원/kWh)				
		시간대	여름철 (6~8월)	봄·가을철 (3~5,9~10월)	겨울철 (11~2월)	
고압A	선택 I	7,220	경부하	61.60	61.60	68.60
		중간부하	114.50	84.10	114.70	
		최대부하	196.60	114.80	172.20	
	선택 II	8,320	경부하	56.10	56.10	63.10
		중간부하	109.00	78.60	109.20	
		최대부하	191.10	109.30	166.70	

### 3.2 시스템 구축에 따른 소득 분석

에너지경영시스템의 글로벌 트렌드를 서면에 언급한 바 EU 의 경우 2014 년부터 의무적인 에너지 세이빙 시스템을 구축 해야만 한다.

하지만 국내의 경우 에너지 세이빙 시스템 구축이 아직은 법제화 되지 않고, 지원 자금을 지원하는 권장 사항으로 알려져 있다.

이에 국내 산업현장에 파워 모니터링 시스템 구축에 따른 소득을 분석해 보고자 한다.

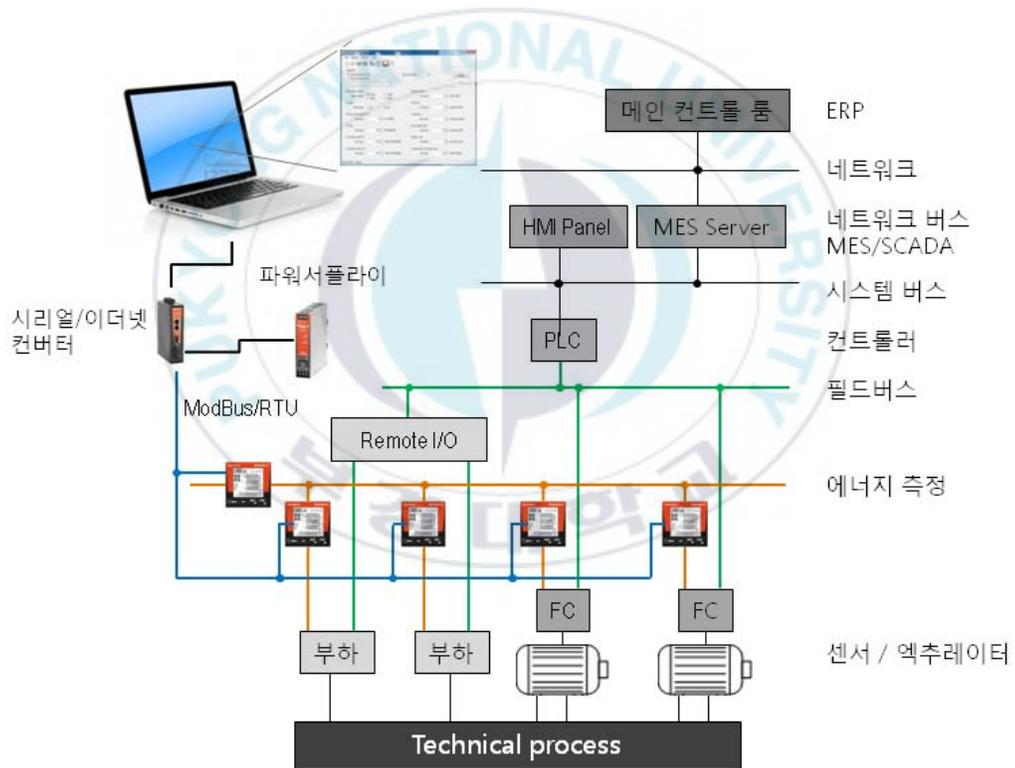


그림 3.3 에너지 모니터링 구성도

그림 3.3 에너지 모니터링 구성도는 전반적인 산업 현장에 사용되는 구성도로서 이와 같은 방식을 기준으로 신규설치 비용 및 인건비를 측정 계산한다.

산업현장에 대한 공장 규모 및 설치 방식에 따라 설치에 대한 투자 비용의 차이는 발생 할 수 있다.

아래 투자비용에 대한 표는 일반적인 설치방식 및 설치환경에 대한 구성을 기초로 하여 작성 되었다.

또한 설치제품의 성능에 따라 투자비용의 차이는 발생 할 수 있다.

표 3.4 신규 판넬 설치에 의한 투자 비용

품목	메이커	모델	수량	단가	금액
파워 모니터	Weidmuller	51A	1	380,000	380,000
변류기	Light Star	CT500:1	3	12,000	36,000
케이블	LS	1.5SQ	10	1,000	10,000

변압기는 파워모니터 사양에 의해 추가 또는 삭제됨

표 3.5 신규 시스템 구성 인건비

인건비	1 일	인원	1 일 인건비	금액
판넬 제작 인건비	1	2	150,000	300,000
현장 배선 인건비	3	3	200,000	1,800,000
소프트웨어 구성	7	2	450,000	6,300,000

1 일 인건비는 현장 평균 가격 측정

표 3.4 표 3.5 를 기준으로 볼 때 현장에 파워 모니터링 설치방식에 따른 투자 비용은 대략 800 만원 정도로 추산된다.

이 투자비용은 대략 계산된 내용으로 현장에 따라 차이를 보일 수 있다.

800 만원의 투자 비용을 피크전류 감소 에 따른 전기세 절약 측면에서

손익분기점을 검토 하고자 한다.

예를 들어 그림 3.1 에서 언급한 봐와 같이 피크부하를 계산하여, 생산능률에 따른 생산시간 조정은 연간 2,400 만원의 절약 효과를 가져 올 수 있다.

이는 현장에서 사용되는 전기량과 직접적인 연관성이 있는 부분이다.

하지만 800 만원의 투자비용에 있어 3 개월 안에 투자비용 수급이 가능하지만, 지속적인 모니터링 및 검토에 시간을 투자 한다면 1 년 안에는 모든 투자 비용 수급이 가능하다.

또한 국가에서 지원되는 프로그램을 잘 활용하여 세금 감면 및 구축비용 지원의 투자비용 절감 또한 손익분기점을 줄일 수 있는 또 하나의 방법이다.



## 제 4 장 파워 모니터링 적용 방안

### 4.1 파워 모니터링 구현 시스템

#### 4.1.1 모니터링 기본 시스템 구현

파워 모니터의 역할은 순수한 에너지 모니터링을 위한 기반으로 설치 되었으며, 장비 구동과 동시에 메인 전원차단 시까지 전력량을 체크하고 데이터를 전송한다.

2.2 에너지 세이빙을 위한 정책에서 언급한 봐와 같이 파워 모니터에 의한 에너지 세이빙 기술은 2012 년부터 유럽의 에너지 절감 규격화로 인해 본격적으로 사용되고 있다.

이와 관련하여 유럽에 수출되는 장비는 2012 년 이후로 대부분 그림 4.1 과 같은 시스템 구성을 기본으로 하고 있으며, 대한민국 또한 에너지 원료 수입 및 자연 환경을 위해 국가의 지원 등으로 본 시스템을 점차 확대해 나가고 있다.

그림 4.1 에 표기된 봐와 같이 파워 모니터는 장비의 구동을 위해 구성된 시스템이 아니며, 장비의 효율성 및 시스템 전체의 원가절감을 위한 부수장비에 속한다.

즉 파워 모니터는 장비구동, 즉 생산성과는 차별화 된다.

하지만 본 논문에서는 생산성 및 장비의 구동에 파워 모니터 역할을 부여 하려 한다.

장비에 대한 완벽한 보호 구동방식은 될 수 없으나, 사람의 실수 또는 위험에 대한 이중화 개념으로 파워 모니터의 구성을 추가 하고자 한다.

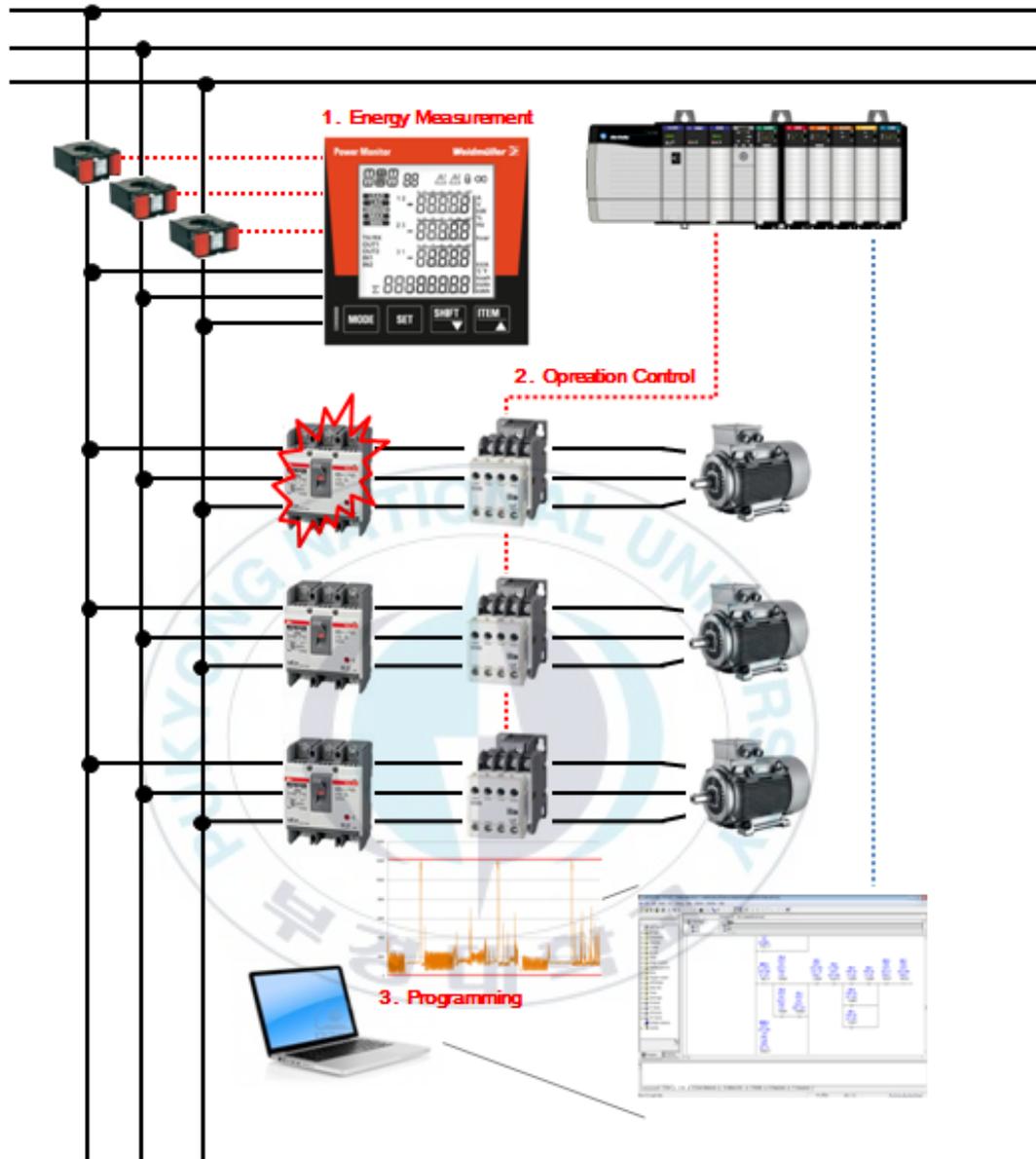


그림 4.1 에너지 모니터링 구성도

그림 4.1 의 에너지 모니터링 구성도는 공장 자동화에 적용되는 기본적인 전력 모니터링 방식이다.

그림 4.1 에 표시된 차단기 (MCCB : Molded Case Current Breaker) 는 과전류 측정 시 차단기능이 우수하고 차단 시 복귀가 편리하여, 대중적으로 사용된다.

이와 유사한 제품으로 NFB (No Fuse Breaker) 를 사용하기도 하지만, MCCB, NFB 는 같은 제품으로 분류된다.

이러한 제품의 유사성은 모터의 과전류를 측정하여 차단하는 역할을 한다.

모터의 과전류를 측정하지 못하는 경우 모터의 부하로 인해 화재의 위험성 또한 가지고 있어, 차단기 제품선정 및 설치는 공장자동화에 있어 매우 중요한 역할을 한다.

또한 설계 시 모터 차단 전류를 잘못 계산하여, 모터 보호 역할을 하지 못하는 경우가 발생하기도 하고, 모터의 정보를 통해 얻는 값으로 전류를 계산하여 설치 하지만, 공장 시운전시 실제 모터의 부하에 따라 전류 값이 틀려 지기도 한다.

표 4.2 모터 선정 시방서

No.	Application	Symbol						Maker	Q'ty
			kW	Pole	Volt Freq	Amp	RPM		
1		MTR-0101	500	4	500V 50Hz		1488		1
2	Fan Motor	MTR-0102	3	4	400V 50Hz		1450	SIEMENS	1
3	C/V Motor	MTR-0304	160	6	400V 50Hz		988	KD	1
4	Gate Motor	MTR-0302	37	6	400V 50Hz		988	SIEMENS	1
5	Pump Motor	MTR-03A01	1.5	4	400V 50Hz		1450	SUMITOMO	1

표 4.2 모터선정 시방서는 기계 설계로부터 입수한 전기 판넬 제작 사양서에 명기된 모터 사양 리스트로서 실제 설치환경에 대한 부하를 계산한 방식이 아닌 단순 모터의 용량만 제공된다.

이러한 방식이 정확한 데이터에 의해 완성되면 좋으나 현장조건에 따른 부하까지는 짐작하기 어려운 것이 현실이다.

차단기 선정에 있어 이러한 불편과 오류를 줄이기 위해 차단기의 과전류 차단 용량이 고정된 것이 아니라 일정 범위 안에서 과전류 차단을 위한 일정 범위 설정 차단기도 넓이 사용 된다.



그림 4.3 모터 전류 가변 차단기

그림 4,3의 모터 전류 가변 차단기 또한 사용자에게 대한 편리를 위해 구성되었으나 현장 조건의 100%를 만족하지는 못하다.

현장의 모터 과전류 차단은 단 1%의 허용을 용납하지 않는다.

단 1% 측 하나의 모터가 차단기 선정에 문제로 인하여 소손된다 가정하면 단 하나의 모터로 인해 생산라인이 멈추는 일이 발생하며, 생산라인이 멈추게 되면 어마어마한 손실을 불러 올 수 있다.

아울러 모터 소손으로 발생하는 모터 교체에 관련된 인건비 또한 만만치 않다.

이러하듯 현장의 과전류에 의한 모터 차단 기능은 매우 중요하다.

그림 4.1의 에너지 모니터링 구성도의 차단기 차단기능 이후 모터의 동작을 제어하는 전자 접촉기 (Magnetic Contactor) 구성을 살펴 보려 한다.

전자 접촉기는 모터 구동 또는 유사 제품 구동에 있어 단순 제어의 의미를 가지고 있다.

자동화의 대부분은 PLC 제어에 있어 PLC 출력에 의한 동작으로 동작을 제어한다.

전자 접촉기의 경우 특별한 보호 장치가 없으며, 과전류 과전압 발생시 용량 선정에 문제가 있다면 제품이 소손 된다.

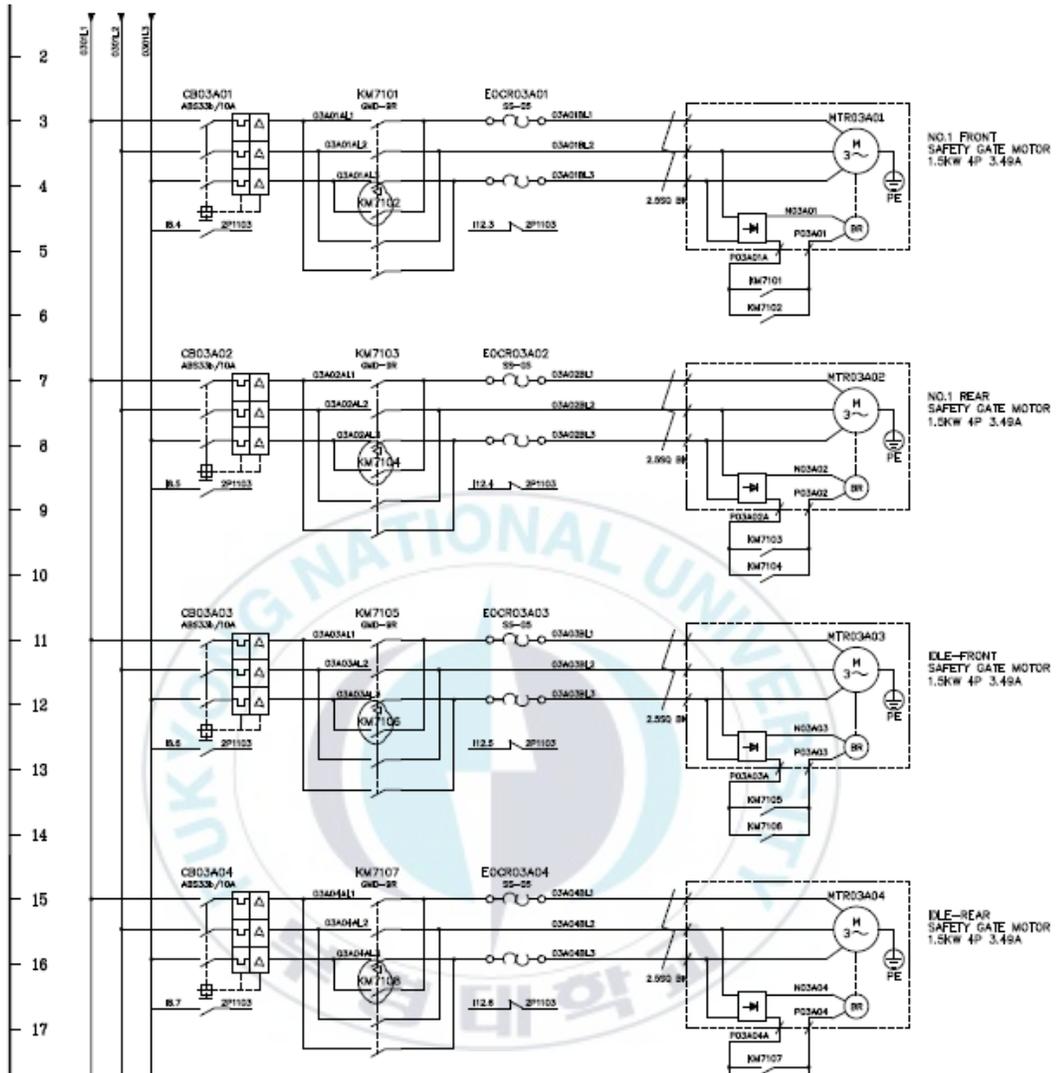
만일 용량선정에 문제로 인해 전자 접촉기가 소손 되는 경우가 발생하면, 소손과 동시에 접촉기 내부가 녹아 출력동작이 제어와 관계 없이 계속 동작되는 현상이 발생하기도 한다.

이러한 현상이 발생하면 화재의 위험 및 인명사고의 위험 또한 우려 됨으로 용량 선정에 매우 주의해야 한다.

도면 4.4는 실제 현장에 사용되는 도면을 붙임 표시 하였다.

실 현장에서도 도면 4.4와 같은 시스템 구성으로 모터를 제어한다.

이러하듯 생산 즉 장비 동작에 대한 시스템 구성 방식은 단 하나의 실수도 용납하지 않고 여러 동작 조건이 알맞은 값에 맞춰 줘야만 오랜 생산성을 보장할 수 있다.



도면 4.4 실제 현장 사용 전기 도면

위 그림 4.5 에너지 모니터링 구성도에 대한 동작 플로차트는 아래와 같이 축약 하며, 장비 동작에 있어 제어하는 기준은 모터 동작에 맞춰진다.

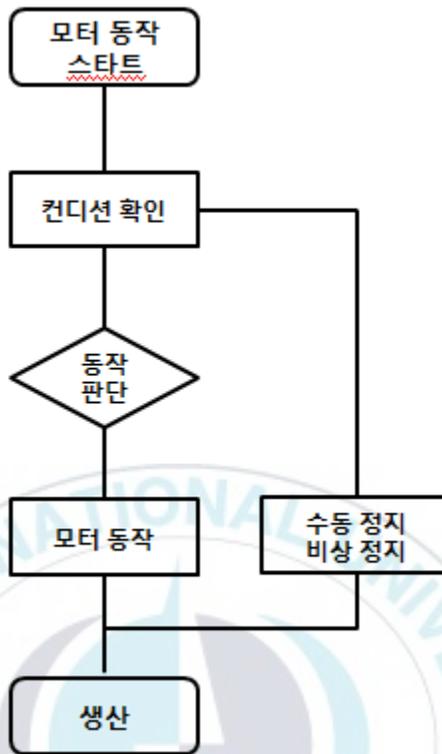


그림 4.5 모터 동작을 위한 준비 및 동작 단계

각자의 역할에 맞는 구성 및 동작이 가능해야 생산이 가능하다. 위에서 언급한 바와 같이 위 동작 방식은 기존동작에 따른 플로차트이며, 현 사용중인 동작 방식에 속한다.

이 모든 구성의 동작방식은 하드웨어에 의한 동작과 소프트웨어에 의한 동작이 조합되어 시너지 효과를 발생하며, 소프트웨어에 있어 통신방식 또한 매우 중요한 부분을 차지한다.

그림 4.6은 기본적인 통신방식으로 제어의 목적인 PLC를 기준으로 파워 모니터(Power Monitor), HMI(Human Machine Interface) 를 구성하는 통신 컨피그레이션(Configuration) 을 보여 준다.

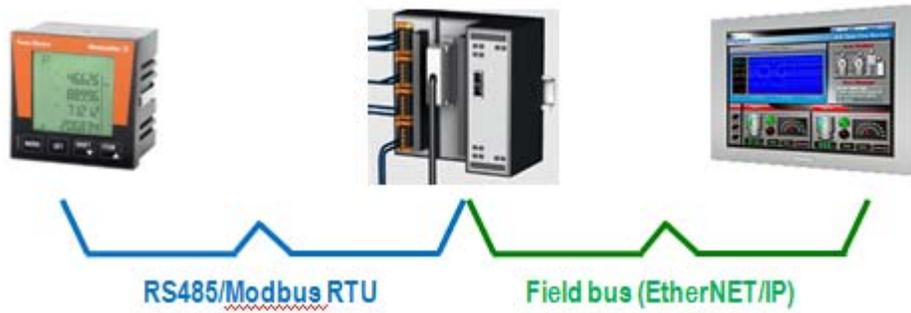


그림 4.6 모니터링 제어 통신 컨피그

그림 4.6에 대한 통신컨셉은 제품을 생산하는 메이커 회사에 따라 달라지지만 일반적인 통신방식으로 파워 모니터는 RS-485 통신시스템을 사용하며, PLC 기준으로 타 장비에 관련된 인터페이스(Interface)는 필드버스(Fieldbus)를 주로 사용 한다.

필드버스는 여러 종류가 있으며, 산업 환경 및 동작 환경에 따라 알맞은 통신 방식을 적용하며, 파워 모니터 또한 필드버스 방식의 통신 또한 가능하다.

#### 4.1.2 모니터링 응용 시스템 구현

기존의 구성 방식에 있어 아래와 같은 플로차트 방식으로 모터 과전류 감지 기능을 파워 모니터링으로 구현하여, 기존 모터 보호방식에 추가적인 이중화 보호방식을 접목하고자 한다.

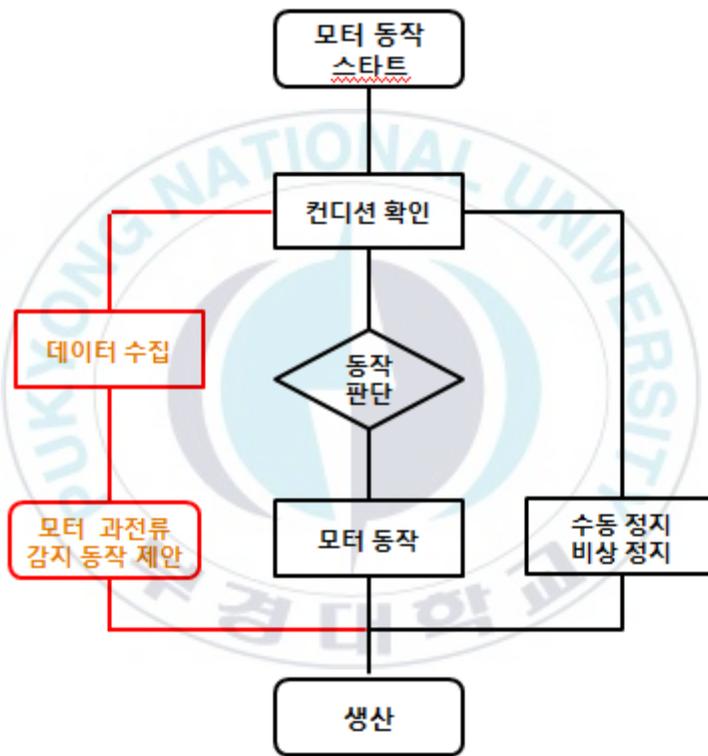


그림 4.7 모터 동작을 위한 준비 및 동작 단계

그림 4.7와 같은 동작방식은 기존의 과전류 차단기의 차단기능은 유지하고, 추가적인 이중화 개념으로 접목 되어야 한다.

이러한 추가적인 기능 구현으로 인해 모터에 대한 보호기능을 좀더 강화 하고, 모터에 대한 과전류 발생시 알람(Alarm) 을 및 가이드스(Guidance)를 활용하여, 데이터화 또한 가능하다.

기존의 파워 모니터 구현 방식에 있어 파워 모니터의 전류 측정기능을 이용한 회로 구성은 아래의 시스템 구성도와 같이 차이를 보인다.

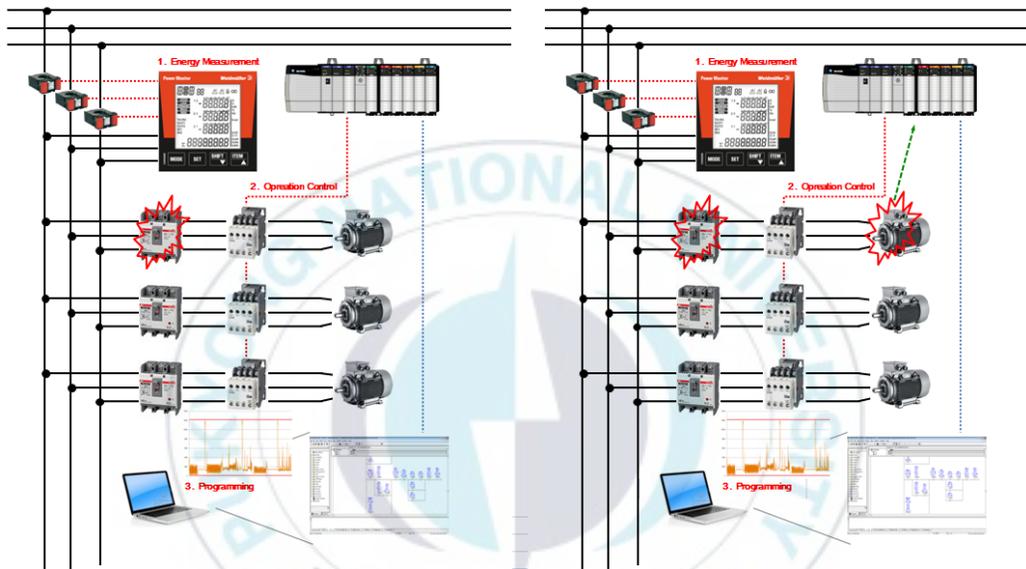


그림 4.8 모터 동작을 위한 준비 및 동작 단계

기존 회로 구성에 있어 보호 차단기의 차단 기능과 함께 파워 모니터의 정보를 PLC (Programmable logic controller)로 읽어 프로그램 하여 높은 전류를 감지함과 동시에 전자 접촉기의 동작 신호를 PLC 제어에 의해 중단하고, 데이터 메모리 후 HMI (Human machine interface) 에 표시 하는 방식이다.

이 동작을 위해 하드웨어 적인 추가 비용은 전혀 발생하지 않으며, PLC 프로그램에 의해 동작한다.

이러한 동작을 구성하기 위해서는 각 모터에 대한 평균전력 값에 대한 데이터가 필요로 한다.

하지만 모터에 대한 평균 전력 값은 이 회로를 구성하기 위해 측정하는 것이 아니고 배선용 차단기의 용량을 점검하는 차원에서 이루어 져야 하는 작업이므로 이 모니터링 응용시스템 구현은 잘 취합된 정보만으로 구현이 가능 하다.

이 시스템의 구성을 위한 모터 전류 측정치 예시를 아래와 같이 표시 한다.

표 4.9 모터동작에 대한 평균 전류 값 측정 표

	기동 피크 전류 값	기동 평균 전류 값	파워 모니터 측정 값	PLC 연산 값
모터 01	25 [A]	12.5 [A]	37.5[A]	37.5[A] + 2% 오차 범위
모터 02	7 [A]	2 [A]		
모터 03	30 [A]	12 [A]		39[A] ≤ 에러 검출
모터 04	16 [A]	11 [A]		
전체 전류 값		37.5 [A]		

표 4.9 는 각 모터에 대한 기동전류 와 평균전류로 구분하였다.

기동전류는 피크전류 (Peck Current) 라고도 하면 모터의 경우 평균전류의 3배에서 10배 정도 값을 가진다.

위와 같은 데이터는 파워 모니터를 이용한 모터 보호목적으로 활용이 가능하다.

## 제 5 장 파워 모니터링 성능 실험

### 5.1 시스템 구성

파워 모니터링을 이용한 모터제어를 위해 아래와 같은 실험 구성을 배치한다.

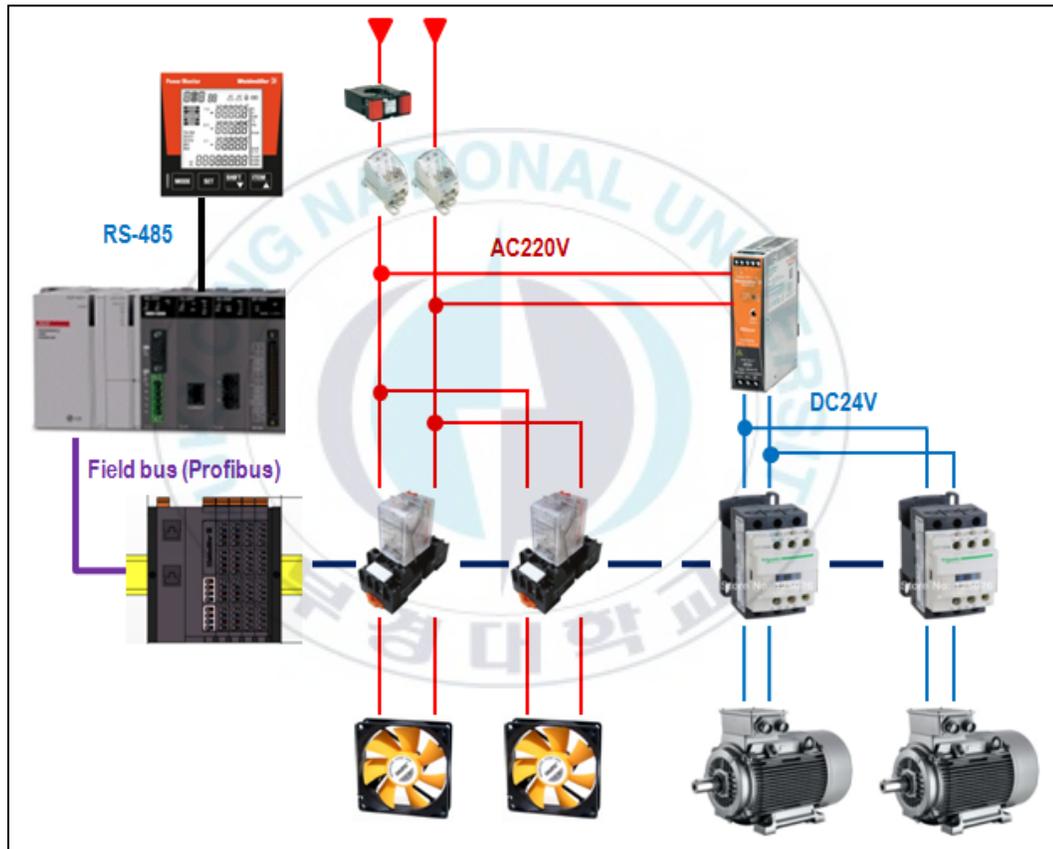


그림 5.1 파워 모니터를 실험 시스템 구성

그림 5.1의 파워 모니터 실험 구성은 현장조건에 맞춰 시험이 가능 하도록 최대한 구하였으며, 모터 과전류에 대한 제어반응을 구현하기 위한 실험 구성이다.

과전류 측정에 대한 제어를 구현하기 위해 실 현장에서 사용하는 배선용 차단기는 제외 하였으며, 모터의 종류에 따라 부하가 적은 용량의 모터는 컨트롤 릴레이를 사용하여 제어 한다.

실험을 위한 시스템 구성은 하드웨어적인 결선 제어 및 PLC 소프트웨어를 이용한 소프트웨어 제어를 기본으로 하며, PLC 와 파워 모니터간에는 RS-485 통신을 구현 하였다.

표 5.2 는 파워모니터링 시스템을 구성하기 위해 사용된 주요 제품에 관련된 품명 및 메이커는 아래와 같다.

표 5.2 파워 모니터를 실험 시스템 구성

순서	제품명	모델	수량	메이커	구동방식
1	PLC	XGK-CPUE	1	LS	소프트웨어 구성
2	PLC 통신	XGL-PMEA	2	LS	RS-485 통신
3	Remote I/O	u-remote	1	바이드물러	제어
4	파워 모니터	51A	1	바이드물러	전류측정
5	파워 서플라이	PRO-ECO	1	바이드물러	AC/DC
6	릴레이	DRM	2	바이드물러	모터 제어
7	전자접촉기	LC1	2	슈나이더	모터 제어

PLC 는 국내 업체인 LS 산전 제품을 사용하였다.

국내 제품으로 많은 재고 및 낮은 단가로 간이 사업체에서 많이 사용되며, XG5000 소프트웨어를 이용하여, 보다 쉬운 모니터링 및 유지 보수를 자랑한다.

XG5000 에 대한 소프트웨어는 LS 산전 홈페이지에서 무료로 다운로드 가능하다.

PLC 이외 통신을 하기 위한 통신 카드가 추가 된다.

이 실험에서 통신을 크게 두 종류를 사용 하였으며, 파워 모니터 정보를 읽어 오기 위한 RS-485 통신 모듈 및 Remote I/O 동작을 위한 Profibus-DP 통신을 사용 하였다.

RS-485 에 대한 통신모듈은 파워 모니터의 데이터를 전송 및 송신하기 위한 통신이며, 파워 모니터에 대한 데이터 값을 아래의 일정 주소 방식에 의해 필요한 어드레스를 구성하여 사용한다.

표 5.3 파워 모니터 어드레스 구성

Data register	Name	Unit	Type of data	Range: Hexadecimal	Function code
005FH	Auto display start	1min	Unsigned 16bit	0H to 63H (0H: fix display item)	03H/ 06H/10H
0060H	Display cycle	1sec	Unsigned 16bit	1H to 63H	03H/ 06H/10H
0061H	Luminance	-	Unsigned 16bit	1H to 5H	03H/ 06H/10H
0062H	Protocol	-	Unsigned 16bit	0: MEWTOCOL 1: MODBUS 2: DL/T645	03H/ 06H/10H
0064H <LSB>	Integral active power (1)	0.01kWh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0065H <MSB>					
0066H <LSB>	Integral active power (2)	0.01kWh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0067H <MSB>					
0068H <LSB>	Integral active power (3)	0.01kWh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0069H <MSB>					
006AH <LSB>	Total integral active power	0.01kWh	Unsigned 32bit	0H to B2D05DFDH	03H
006BH <MSB>					
006CH <LSB>	Integral reactive power (1)	0.01kvarh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
006DH <MSB>					
006EH <LSB>	Integral reactive power (2)	0.01kvarh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
006FH <MSB>					
0070H <LSB>	Integral reactive power (3)	0.01kvarh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0071H <MSB>					
0072H <LSB>	Total integral reactive power	0.01kvarh	Unsigned 32bit	0H to B2D05DFDH	03H
0073H <MSB>					
0074H <LSB>	Integral apparent power (1)	0.01kVAh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0075H <MSB>					
0076H <LSB>	Integral apparent power (2)	0.01kVAh	Unsigned 32bit	0H to 3B9AC9FFH	03H/10H
0077H <MSB>					

표 5.3의 파워 모니터 전송 어드레스는 일부 표시 하였으며, 관련 메뉴얼은 해당 업체의 홈페이지에서 무료로 다운로드 가능하다.

PLC에 대한 소프트웨어적 제어를 하드웨어적 제어로 바꾸기 위해 Remote I/O 제품을 사용한다.

Remote I/O는 국내 설치 반영률이 20%에 불과하여 추후 시장성에 대해 많은 관심을 가지고 있으며, 유럽의 경우 시장 반영률이 70%에 이르는 선진 기술이다.

Remote I/O에 적용으로 인해 설치 비용절감, 유지보수 비용의 절감 등 많은 이득을 가질 수 있다.

이 실험에서는 Profibus-DP 통신을 사용하여, Remote I/O와 PLC 간의 통신을 구현, 모터제어를 계획하였다.

Remote I/O에 대한 구성은 통신 커플러(Coupler), 입력 모듈, 출력 모듈로 구성하였다.

이 실험에서는 단순 제어를 위해 입력 및 출력 모듈만 사용하였지만, Remote I/O에 대한 성능구현을 위해 아날로그(Analog) 입 출력 제어 또한 가능하다.

- PLC (Programmable logic controller)

- ▶ 시스템 소프트웨어 구성

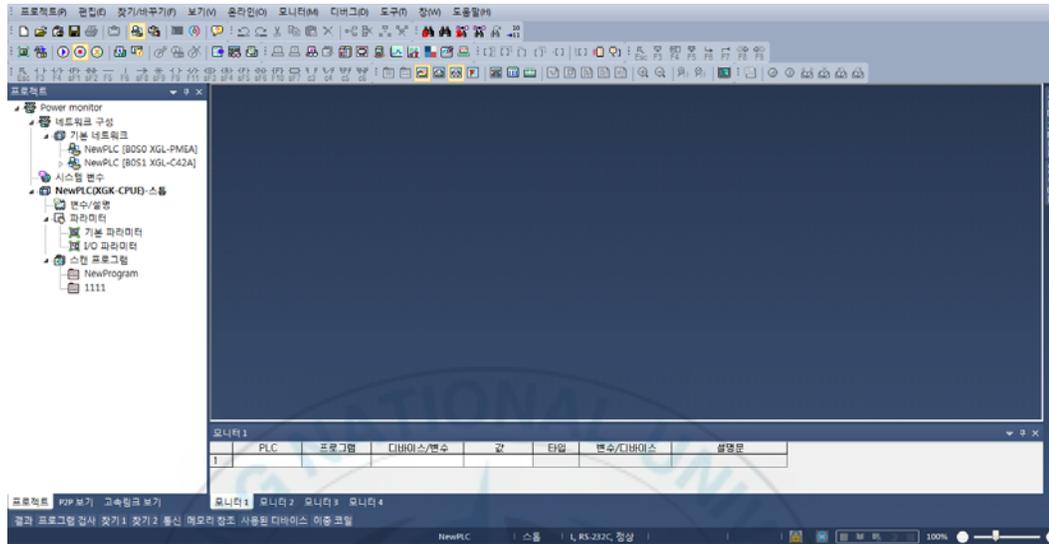


그림 5.4 LS 산전 XG5000 소프트웨어

그림 5.4 는 LS 산전에서 무상으로 제공되는 소프트웨어이며, 모든 셋업(Setup)은 소프트웨어를 통해 가능하며, 실시간 모니터링이 가능하다. XG5000 의 소프트웨어의 상세 내용은 아래와 같다.

- XG5000 버전 4.02 2015-01-12  
Copyright @ 2005 LS 산전
- 한글 지원.
- 소프트웨어 LS 산전 홈페이지 무료 다운로드 가능.
- 사용 설명서 LS 산전 홈페이지 무료 다운로드 가능.
- XG5000 실행에 필요한 시스템 요구 사항

구성 요소	요구 사항
퍼스널 컴퓨터와 메모리	펜티엄이상 컴퓨터/256MB 이상 메모리
통신 포트	RS-232 시리얼 포트 또는 USB 포트
하드 디스크	최소한 200MB 이상의 사용 가능 영역
마우스	컴퓨터에 연결 가능한 마우스
모니터	1024 X 768 이상의 해상도
윈도우	윈도우 2000/XP/VISTA 지원

/ 관련 자료 - LS 산전 GX5000 사용설명서 참조 /

▶ 시스템 하드웨어 구성

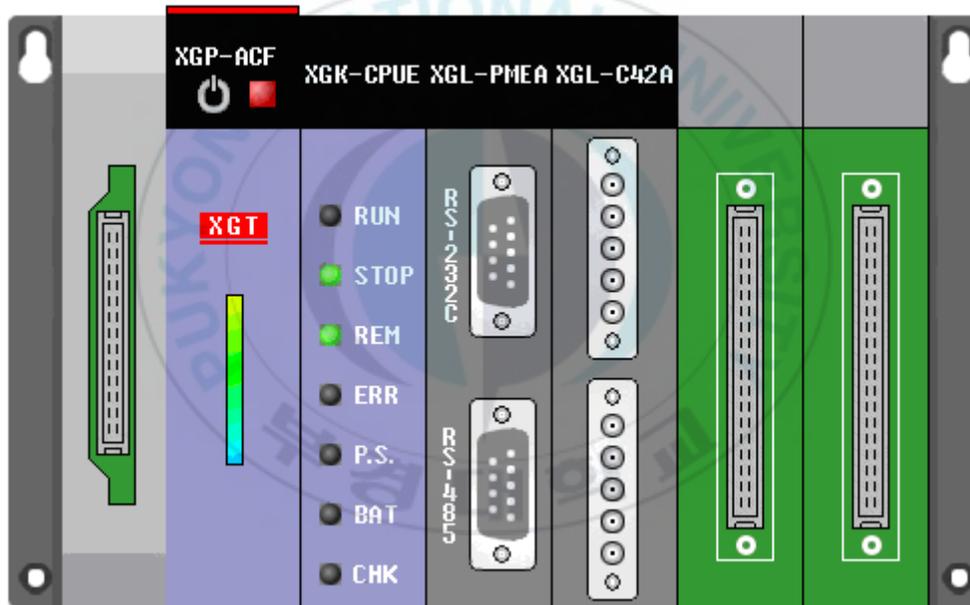


그림 5.5 LS 산전 XG5000 하드웨어

소프트웨어 이외 하드웨어 구성은 각 장비 구동에 따른 신호전달을 위한 모듈(Module)을 의미하며, 디지털 및 아날로그, 통신 등의 여러 하드웨어로 구성된다,

그림 5.5는 이 실험을 위해 구성되는 하드웨어를 LS 산전 제품 위주로 표시 하였으며, 상세 내용은 아래와 같다.

- PLC 전원 모듈: XGP-AC23
- 사양: AC220V 입력/ DC5V 8.5A
  
- PLC CPU: XGK-CPUE.
- 사양: I/O 포인트 1,536.
- 연산방식: 반복연산, 정주기 연산, 고정주기 스캔.
- 입출력제어방식: 스캔동기 일괄처리 방식, 명령어에 의한 직접 방식.
- 프로그램 언어: 래더 다이어그램 (Ladder Diagram), 명령 리스트 (Instruction List), SFC (Sequential Function Chart) ST (Structured Text).
- 프로그램 메모리용량: 16Kstep.
- 통신모듈: XGL-PMEA.
- Pnet: Profibus-DP, Master.
- 사용 소프트웨어: PROFICON.
- 모듈형태: 마스터.
- 표준: EN50170/DIN19245.
- 인터페이스: RS-485.
- 전송 거리 및 속도: 100m 기준 3M-12Mbps.
- 네트워크 당 최대접속 국수: 126 국.

- 통신모듈: XGL-C42A.
- Cnet: RS-422/485 2 채널.
- 통신모드: 전용 프로토콜을 사용하여 1:1 또는 1:N 방식의 통신 지원.
- 전송거리: RS-232C 최대 15m, RS-422 최대 500m.
- 전송속도: 2,400/4,800/9,600/19,200/38,400 중 선택 가능.
- 소비전류(mA): 300.

● 파워 모니터(Power Monitor).



그림 5.6 파워 모니터 외형

이 실험을 측정을 위해 사용되는 파워 모니터 외형은 그림 5.6 과 같으며, 메이커에 따라 외형 및 기능에 대한 차이는 있다.

아래는 현 실험에 사용되는 파워 모니터 사양을 간단히 표기 하였다.

- 정확도: 0.5%.
- 통신모드: RS-485 Modbus RTU.

- 결선 방식 1P 2W.
- 입력 전압: 85 to 264 V AC, 100 to 300 V DC.
- 측정 입력 전압: 0 to 500 V AC.

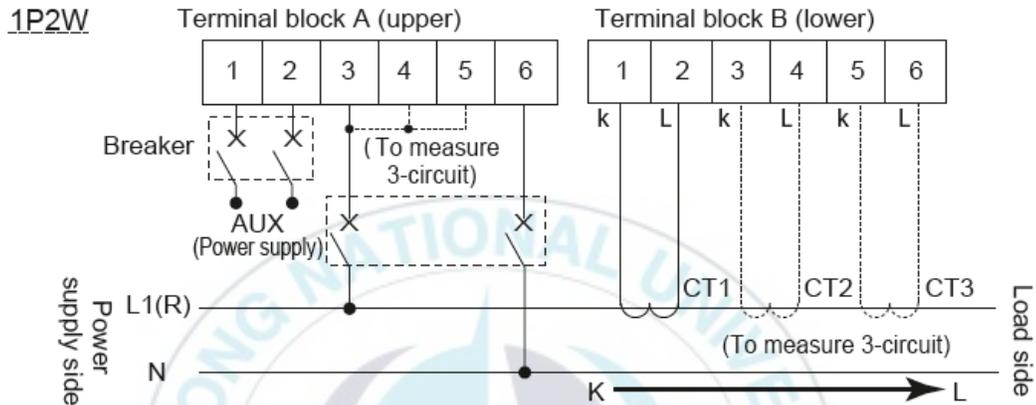


그림 5.7 파워 모니터 결선도

파워 모니터는 입력전압에 따라 결선방식이 틀려지며, 이 실험에서는 단상 AC220V 기준으로 시험을 실시하여, 그림 5.7 과 같은 결선방식에 의해 실험한다.

그림 5.7 과 같은 결선방식의 설명은 파워 모니터 사용 메이커에 따라 달라지며, 결선 방식은 각 사용 메이커 매뉴얼(Manual)에 명기 되어있다.

- 기타 구동 제품.
- 릴레이(Relay): MY4N DC24V 코일, AC220V 6A 접점.
- 전자 접촉기(MC): DC24V 코일, AC400V 기준 6A 접점.
- 모터: DC 모터, AC 팬.
- 전원 공급기(Power Supply): AC/DC AC230V to DC24V 3A.
- 변류기 (CT): 50:1.



## 5.2 시스템 셋업

하드웨어 구성은 아래와 같은 컨셉으로 진행하였다.

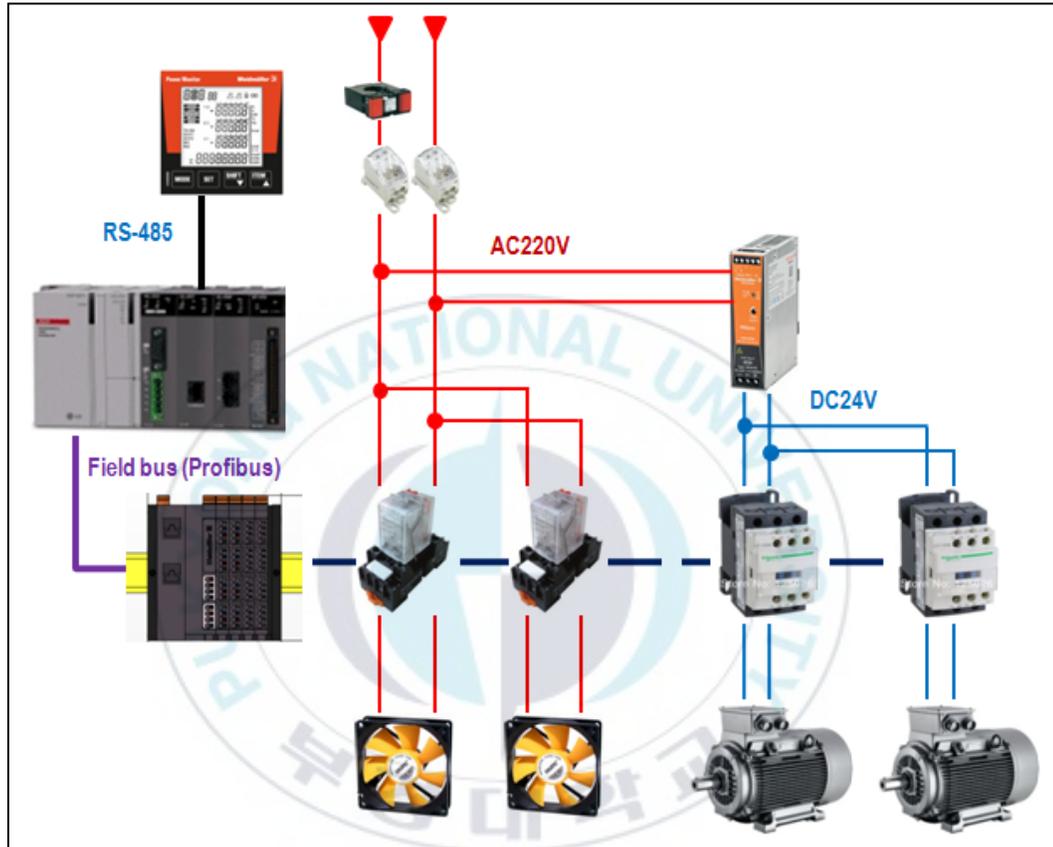


그림 5.8 파워 모니터를 실험 시스템 구성

시스템 컨셉의 의한 실 배선방식을 아래 사진과 같이 진행하였다.



그림 5.9 파워 모니터를 실험 시스템 구성



그림 5.10 파워 모니터를 실험 시스템 구성

▶ 파워 모니터(Power Supply) 셋업.

파워 모니터는 통신을 위한 기본 파라미터 값을 설정한다.

각 제조사에 의해 파라미터 설정 방식은 각기 다르다.

파라미터 설정은 그림 5.11 과 같이 아래 4 개의 키를 이용하여 설정 한다.

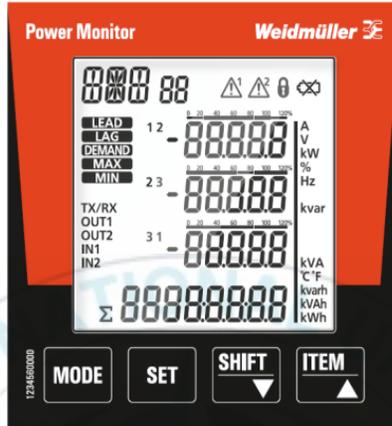


그림 5.11 파워 모니터 설정을 위한 외형도

- 입력 전압의 종류에 따른 입력 전압 값 설정은 단상모드로 사용한다.

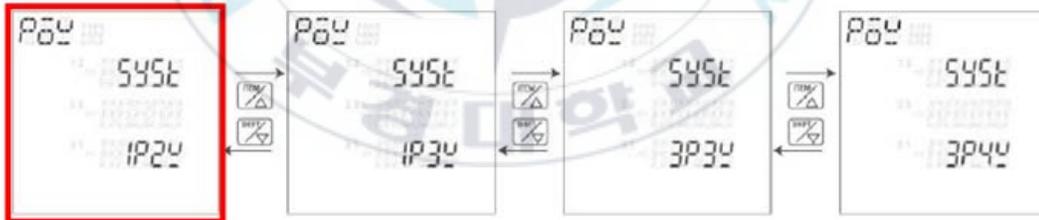


그림 5.12 파워 모니터 전압 설정 구성도

- 변류기(CT)는 50:1 을 사용하여 50A 및 1A 모드로 사용한다.



그림 5.13 파워 모니터 변류기 설정 구성도

- 통신모드는 RS485 모드버스(Modbus RTU) 타입으로 선정한다.



그림 5.14 파워 모니터 통신 설정 구성도

- 통신관련 파워 모니터의 어드레스는 1 번으로 선정한다.



그림 5.15 파워 모니터 어드레스 설정 구성

- 통신관련 스피드는 보편적인 9600bps 로 설정한다.

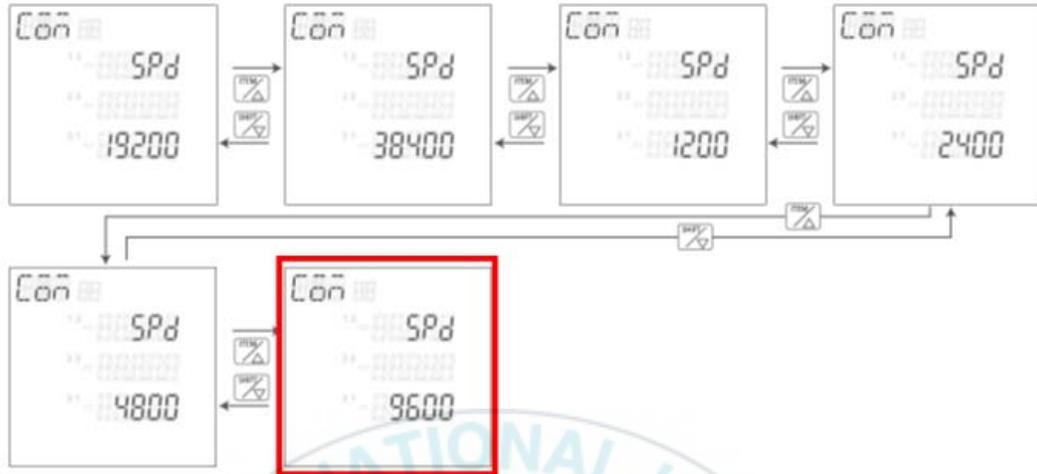


그림 5.16 파워 모니터 통신속도 설정 구성

상기 파라메터 값 설정은 기본적인 설정방식이며, 제조사에 따라 무수한 기능이 사용 가능하다.

▶ PLC (Programmable logic controller)

- 시스템 구성을 위한 새 프로그램 작성을 그림 5.17 과 같이 진행한다.

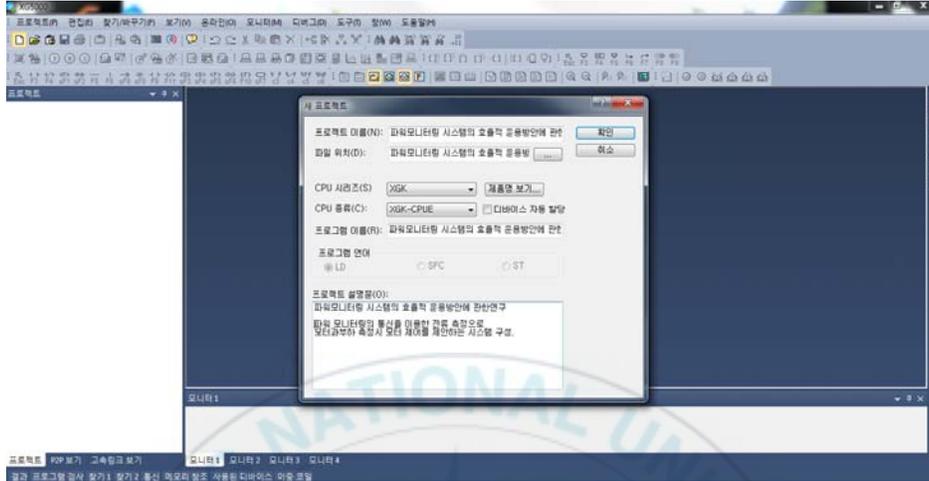


그림 5.17 PLC 프로그램 초기 셋팅

프로그램 작성은 각 제조사에 따라 성능 및 방식의 차이가 있다.

- 프로그램 작성 후 컴퓨터의 소프트웨어와 PLC 간의 통신을 위해 통신방식을 설정 한다.

컴퓨터와 PLC 간의 통신 방식은 그림 5.18 과 같이 PLC 제품의 특성상 RS-232C 로 설정한다.



그림 5.18 PLC 통신 셋팅 구성

- 그림 5.19 와 같이 파워모니터와 통신을 하기 위한 Cnet (485 통신) 기본 설정을 실행한다. 통신 설정관련 동작모드는 1 채널을 사용하며, P2P 모드로 사용 한다.

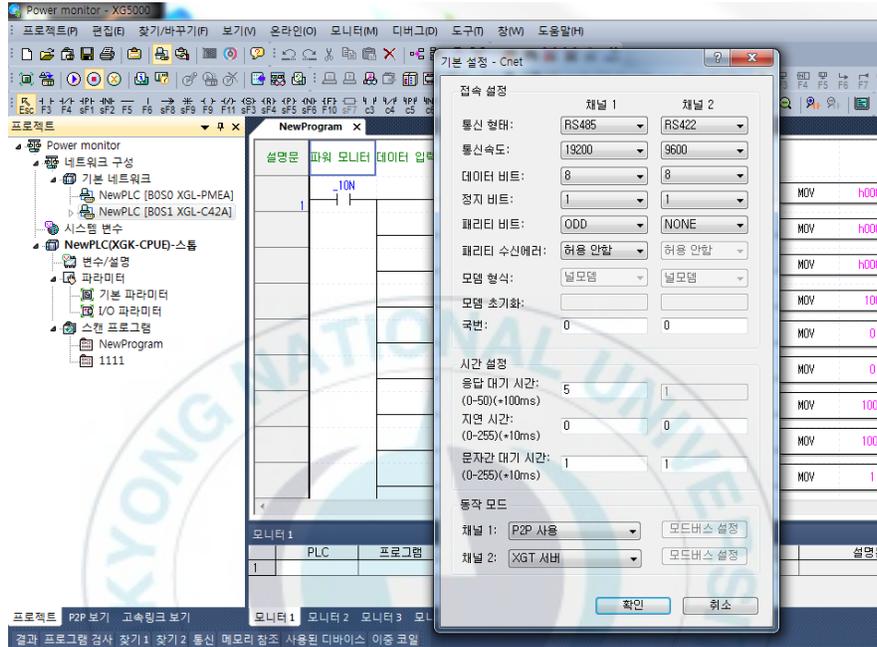


그림 5.19 PLC 통신 셋팅

- PLC 프로그램(Program) 작성.

그림 5.20 과 같이 PLC 프로그램 작성은 기본적으로 파워 모니터에서 PLC 로 읽어오는 값 기준으로 작성한다.

파워 모니터와 PLC 간 데이터 값에 대한 읽기정보는 표 5.3 과 같이 파워 모니터의 메뉴얼을 이용하여 그림 5.21 과 같이 어드레스 맵 (Address Map)을 작성한다.

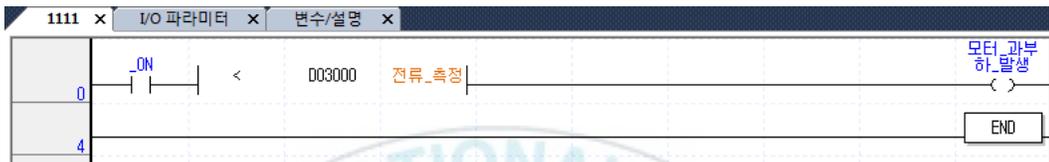


그림 5.20 PLC 프로그램 작성

V 변수 보기   D 디바이스 보기   플러그 보기				
	변수	타입	디바이스	사용유무
1	셋팅	BIT	M00000	✓
2	통신셋팅_100ms	BIT	M00001	✓
3	통신셋팅_200ms	BIT	M00002	✓
4	통신셋팅_1s	BIT	M00003	✓
5	통신셋팅_2s	BIT	M00004	✓
6	통신off	BIT	M00005	✓
7	선택필스_100ms	BIT	M00011	✓
8	선택필스_200ms	BIT	M00012	✓
9	선택필스_1s	BIT	M00013	✓
10	선택필스_2s	BIT	M00014	✓
11	셋트완료	BIT	M00100	✓
12	전송1	BIT	M00300	✓
13	전송2	BIT	M00301	✓
14	모터_과부하_발생	BIT	M01000	✓
15	전송딜레이	BIT/WORD	T0000	✓
16	쓰기딜레이	BIT/WORD	T0001	✓
17	통신	WORD	D01000	✓
18	전압_1	WORD	D01164	✓
19	전류_측정	WORD	D01180	✓
20	주파수_1	WORD	D01190	✓
21	현재온도	WORD	D01300	✓
22	상선선택	WORD	D02000	✓
23	CT2차	WORD	D02001	✓
24	CT1차	WORD	D02002	✓
25	VT비	WORD	D02003	✓
26	온도_오프셋	WORD	D02004	✓
27	화면_OFF_시간	WORD	D02005	✓
28	전환을_P음	WORD	D02006	✓
29	전환을_P양	WORD	D02007	✓
30	자동화면_시작	WORD	D02008	✓
31	자동화면_전환	WORD	D02009	✓
32	화면밝기	WORD	D02010	✓

그림 5.21 PLC 프로그램 통신 어드레스 맵

▶ 그림 5.22 는 실험을 위한 System 구성에 따른 제품 설명한다.

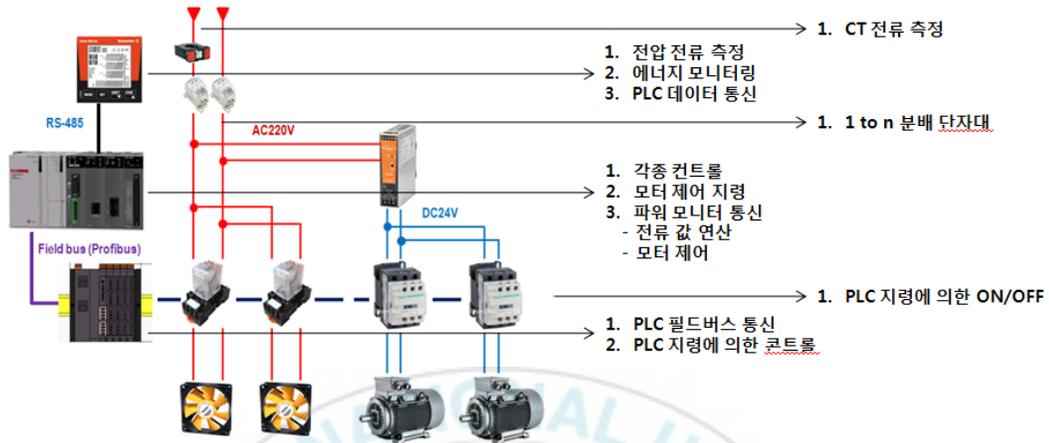


그림 5.22 실험 구성을 위한 제품

- CT : 전류를 측정하여, 파워 모니터 전류 값 전달
- 파워 모니터 : 각종 전류, 전압 및 에너지 효율 측정 계기
- 분배 단자대 : 입력 대비 출력이 1:N 으로 원활한 결선 사용
- PLC : 각종 데이터 취합 및 연산 지령
- MC : 모터를 컨트롤하기 위한 장치 및 PLC 지령에 의한 동작

### 5.3 시뮬레이션

그림 5.23 은 시스템 구성에 따른 모터 4 개소를 무 부하 동작 시 측정되는 전류를 표기하고 있다.

무 부하 시 0.379[A] 정도의 전류 측정 값을 보인다.

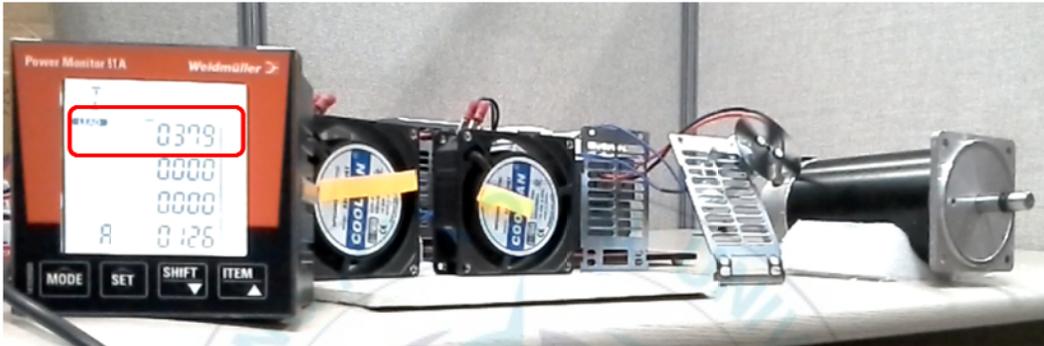


그림 5.23 무 부하 모터 동작 전류 값

그림 5.24 는 한 개소의 모터에 기계적 부하를 걸어 과 부하가 발생 하였을 때 측정되는 전류 값을 표시하고 있다.

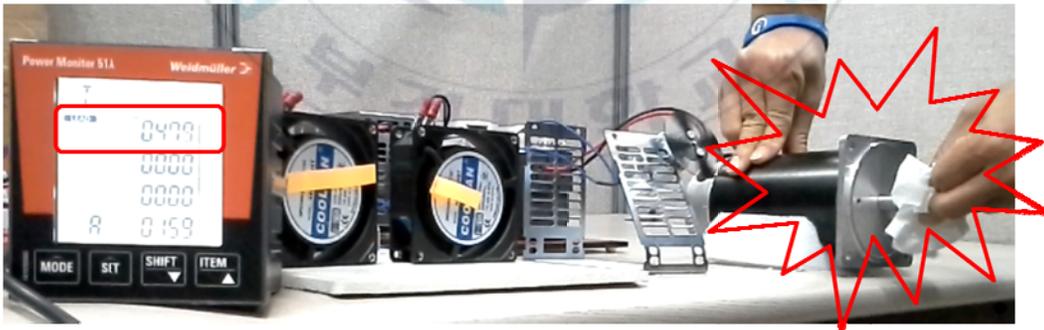


그림 5.24 부하 모터 동작 전류 값

그림 5.24 에 측정된 전류 값은 0.477[A] 로 기존 평균 전류 값 보다 높은 전류 값을 측정하고 있다.

먼저 아래 그림 5.26 과 같이 파워 모니터 로거(Log)를 이용하여, 부하 발생시 전류에 대한 변동치를 확인 하였다.

0.1[A] 단위로 표시되어 나타나며, 극소의 전류 치 변동 또한 측정이 가능하였다.

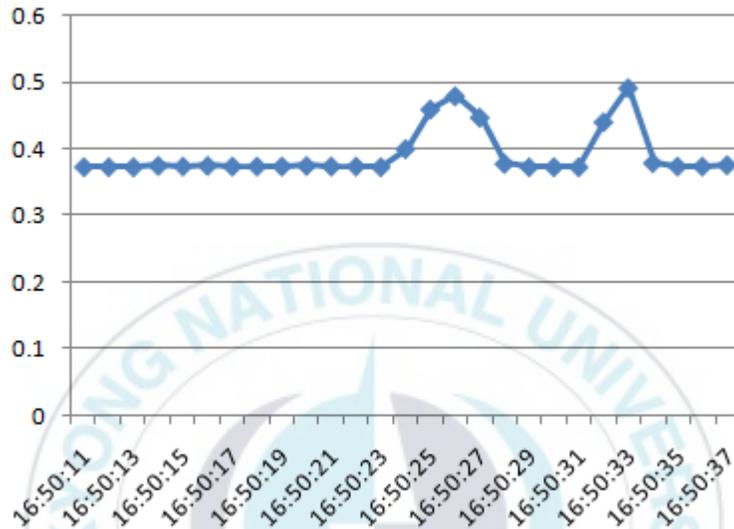


그림 5.26 파워 모니터를 이용한 전류 변동 측정

위 그림 5.26 의 동작은 대략 0.4[A] 기동 전류 측정 후 2초 단위로 2 번의 부하를 가하여 전류 상승 치 측정가능을 표기 하였다.

이러한 동작을 PLC 프로그램에 접목하여 실험 한 결과 그림 5.27 과 그림 5.28 과 같은 측정에 의한 출력 값을 얻을 수 있다.

동작에 있어 평균 전류측정 시 그림 5.27 와 같이 모터 과부하 발생의 접점은 ON 되지 않는다.

그림 5.28 과 같이 모터의 과 부하 발생 기준점을 40 으로 정하고 모터 측정치가 과부하 값 40 을 초과 하게 되면 과부하 접점은 ON 이 된다.

이 모터 과부하 접점을 이용하여, 모터 동작을 실행하는 MC 를 차단한다.

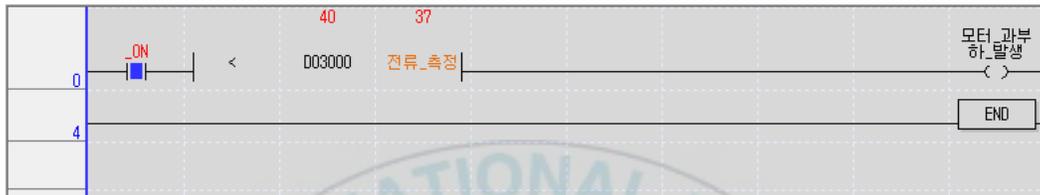


그림 5.27 무 부하 동작 PLC 모니터링



그림 5.28 부하 동작 PLC 모니터링

그림 5.27 와 5.28 과 같이 모터에 대한 비교 구분을 사용하여, 기준 전류 값 0.40[A] 보다 높은 전류가 발생하면 모터동작의 차단동작이 가능하다.

$0.40A \leq \text{측정값} = \text{MC 접점 OFF}$

아래 그래프는 기동 전압 0.37[A] 동작에서 과 부하 0.46[A] 를 측정하는 그래프 이다.

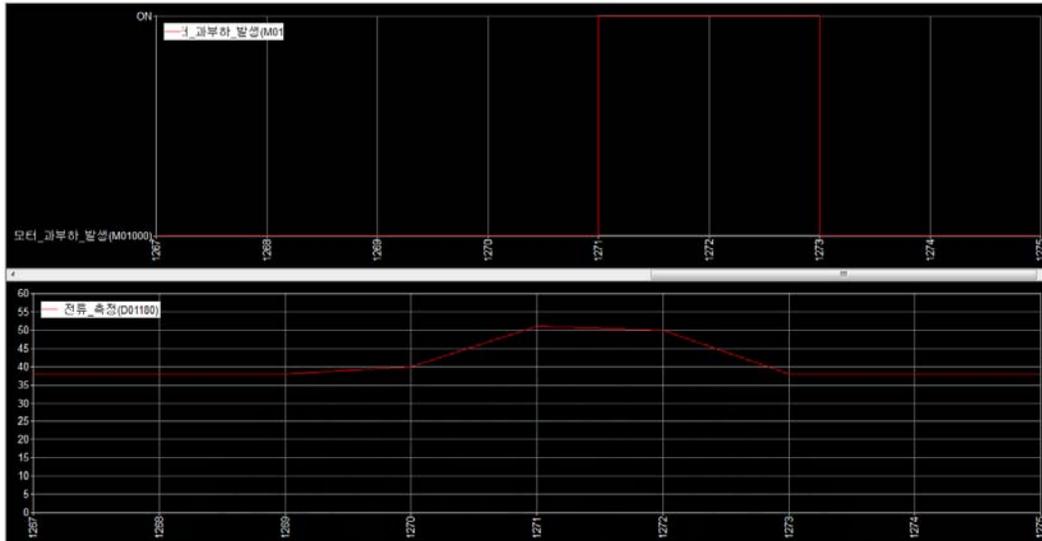


그림 5.29 부하 동작 PLC 모니터링

그림 5.29 와 같이 평균 0.37[A] 기동 중 0.4[A] 를 초과하는 전류 값이 측정되면 모터 과부하 접점이 상승비트 표시를 나타낸다.

## 제 6 장 결론

실험에서 본 봐와 같이 파워 모니터를 이용한 모터 보호 솔루션은 측정에 의한 차단 능력을 가지고 있다.

그러나 모터의 보호를 기계적 보호 기능 없이 사용하는 것은 옳지 않다.

하지만 파워 모니터를 이용하여, 모터에 보호에 개념을 이중화 하고, PLC 연산에 의해 데이터 화 한다면 유지보수의 보다 높은 질을 추구 할 수 있다.

에너지 세이빙을 위한 파워 모니터링 시스템 초기 구축에는 설치 비용 및 인건비가 소요 되지만 파워 모니터에 의한 모터 보고 이중화 개념은 종전 설치된 에너지 세이빙 구성을 그대로 활용하여 프로그램만 추가 하는 간단한 방식이다.

프로그램이란 유지 보수 편리성으로 위해 개발된 소프트웨어라 볼 때, 힘들이지 않고 모터 보호에 대한 이중화 개념을 추구 가능하다.

에너지 모니터링 시스템만 구성 된다면 각종 설치 장비의 메이커와 관계 없이 본 보호 개념의 구성이 가능하고, PLC 프로그램 역시 메이커에 관계 없이 프로그래밍 가능하다.

이러한 장점으로 볼 때, 파워 모니터링에 의한 모터 이중화 보호 개념은 투자 대비 큰 성과를 가져 올 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] LS 산전 XG5000 소프트웨어 사용 설명서  
© LS Industrial Systems Co., Ltd 2010 2015.5 \_ 10310000746
- [2] LS 산전 XGT Pnet I/F 모듈 사용 설명서  
© LS Industrial Systems Co., Ltd 2010 2014.11 \_ 10310000504
- [3] Weidmuller Remote I/O System u-remote Manual  
Order number : 143279000/06/05.2015
- [4] Weidmuller Energy Meters Relevant Products Presentation  
Jens Muttschall 22.09.2014
- [5] Roland Berger Strategy Consultants from Germany  
<http://www.rolandberger.com/>
- [6] 한국전력공사 지식센터 <http://home.kepco.co.kr/>
- [7] 한국에너지공단 에너지효율향상 및 기후변화대응  
<http://www.energy.or.kr>
- [8] 광두영 《LabVIEW 데이터 수집 및 CompactRIO》, Ohm 사, 2015
- [9] 송호신 《자동화를 위한 PLC 활용》, 내하출판사, 2009
- [10] 한석희 외 2명 《인더스트리 4.0》, 페이퍼로드, 2015
- [11] 편석준 외 3명 《사물인터넷 실천과 상상력》 미래의창, 2015
- [12] 김홍근 《전력전자》 대영사, 2009

## 감사의 글

하고자 하는 의지만 가지고 시작 했지만, 그 과정은 쉽지 않았습니다.

부족한 저를 2년여 동안 이끌어 주신 김만고 교수님께 감사의 인사를 먼저 드립니다.

10년여의 공장자동화 관련 직장생활의 현장경험을 바탕으로 대학원 생활을 통해 보다 깊은 학술적 지식을 접목하려 하였으며, 제가 알고자 하는 그리고 제가 나아가고자 하는 인생의 목표를 다시 한번 점검하는 계기가 되었습니다.

현장을 알고 학술을 공부하게 되어 좀더 이해가 편했고, 많은 지식을 쌓는 좋은 기회가 되었습니다.

대학원 생활을 계기로 하여 좀더 자신감을 얻었으며, 제가 모르고 있던 제어계측분야의 다양성을 공부하게 되어 정말 보람찬 시간이었습니다.

대학원 생활과 동시에 태어난 예쁜 딸 지현이, 항상 사랑스러운 아들 재현이 육아와 가사에 힘들면서도 대학원 생활에 지원을 아끼지 않았던 손경화 여사 항상 희망과 자신감을 주셨던 아버지, 어머니 그리고 할머니께 감사의 말을 전하고 항상 건강하기만을 바라며, 정말 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.

그리고 함께 연구하고 논의했던 대학원 동기 이종목님, 박성우님, 김민철님 감사 드리며, 함께여서 행복 하였습니다.

끝으로 논문작성에 많은 조언 주신 김남호 교수님, 황용연 교수님, 김만고 교수님께 다시 한번 감사의 인사를 드립니다.

2016년 02월

박기홍 올림